

Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 2001-155313

[Claims]

[Claim 1] A magnetoresistive thin-film magnetic head including a magnetoresistive element between a lower shield layer and an upper shield layer with insulating materials between the magnetoresistive element and each of the shield layers, a longitudinal bias layer in contact with the magnetoresistive element, and an electrode layer for allowing a signal current to flow, the thin-film magnetic head being characterized in that the magnetoresistive element includes an antiferromagnetic layer, a pinned magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and a free magnetic layer; and a pair of laminated longitudinal bias layers, each including a nonmagnetic layer, a ferromagnetic layer, and an antiferromagnetic layer are disposed at either side on the free magnetic layer of the magnetoresistive element.

[Claim 2] A thin-film magnetic head according to Claim 1, wherein the pair of nonmagnetic layers of the pair of laminated longitudinal bias layers have such a thickness as to allow the magnetization direction of the portions of the free magnetic layer of the magnetoresistive element, opposing the pair of ferromagnetic layers with the pair of nonmagnetic layers therebetween to be antiparallel to the



magnetization direction of the pair of ferromagnetic layers.

[Claim 3] A thin-film magnetic head according to Claim 1, wherein the pair of nonmagnetic layers have a thickness in the range of 0.4 to 3 nm.

[Claim 4] A thin-film magnetic head comprising: a magnetoresistive element including an antiferromagnetic layer, a pinned magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and a free magnetic layer; and a pair of laminated longitudinal bias layers disposed at either side on the free magnetic layer of the magnetoresistive element, the laminated longitudinal bias layers each including a first nonmagnetic layer, a first ferromagnetic layer, a second nonmagnetic layer, a second ferromagnetic layer, and an antiferromagnetic layer.

[Claim 5] A thin-film magnetic head according to Claim 4, wherein the pair of first nonmagnetic layers have such a thickness as to allow the magnetization direction of the free magnetic layer to be antiparallel to the magnetization direction of the pair of first ferromagnetic layers, and the pair of second nonmagnetic layers have such a thickness as to allow the magnetization direction of the pair of second ferromagnetic layers to be antiparallel to the magnetization direction of the pair of first ferromagnetic layers.

[Claim 6] A thin-film magnetic head according to Claim 4, wherein the thickness of the pair of first nonmagnetic



layers is in the range of 0.4 to 3 nm, and the thickness of the pair of second nonmagnetic layers is in the range of 0.4 to 3 nm.

[Claim 7] A thin-film magnetic head according to any one of Claims 1 to 6, further comprising a cap layer disposed between the pair of laminated longitudinal bias layers and in contact with the upper surface of the magnetoresistive element.

[Claim 8] A thin-film magnetic head according to any one of Claims 1 to 7, wherein the pinned magnetic layer of the magnetoresistive element is a laminated pinned magnetic layer including two opposing pinned magnetic films separated by a nonmagnetic film.

[Claim 9] A thin-film magnetic head according to Claim 8, wherein the nonmagnetic film has such a thickness as to allow the magnetization directions of the opposing pinned magnetic films to be antiparallel to each other.

[Claim 10] A thin-film magnetic head according to Claim 8, wherein the nonmagnetic film has a thickness in the range of 0.4 to 3 nm.

[Claim 11] A thin-film magnetic head according to any one of Claims 1 to 10, wherein the free magnetic layer of the magnetoresistive element is a laminated free magnetic layer including a plurality of free magnetic layers, any adjoining two of which are formed of different soft magnetic materials.



[0026] (Embodiment 1) Fig. 1 is a schematic representation of Embodiment 1, and schematically shows a magnetoresistive element and its vicinity, viewed from a sliding surface side opposing a magnetic recording medium.

[0027] In Fig. 1 (a), a magnetoresistive element 5 (MR element or GMR element, hereinafter referred to as a GMR element) is disposed on a lower gap insulating layer (not shown in the figure) formed of a nonmagnetic insulating material, such as  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AlN}$ , or  $\text{SiO}_2$ , that is disposed on a lower shield layer (not shown in the figure) formed of a soft magnetic material, such as permalloy, a Co-based amorphous magnetic film, or a Fe-based particle magnetic film. The magnetoresistive element 5 includes: an antiferromagnetic layer 1 formed of  $\text{IrMn}$ ,  $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ , an FeMn-based alloy film, or PtMn-based alloy film; a pinned magnetic layer 2 formed of a NiFe-based alloy film, Co, or a CoFe alloy film; a nonmagnetic conductive layer 3 formed of Cu or the like, and a free magnetic layer 4 formed of the same ferromagnetic material as in the pinned magnetic layer 2. Also, a pair of laminated longitudinal bias layers 9 are disposed at either side on the upper surface of the free magnetic layer 4 of the GMR element 5. The laminated longitudinal bias layers 9 each include a nonmagnetic layer 6 formed of a nonmagnetic material, such as Ru; a





ferromagnetic layer 7 formed of a material similar to that of the free magnetic layer 4 of the GMR element 5; an antiferromagnetic layer 8 formed of an antiferromagnetic material similar to that of the antiferromagnetic layer 1 of the GMR element 5 (it may be better not using a metal oxide layer, in some cases). The magnetization direction of the ferromagnetic layer 7 is oriented in a specific direction and maintained stable by an exchange coupling magnetic field with the antiferromagnetic layer 8. Therefore, the magnetization direction of the free magnetic layer 4, which opposes the ferromagnetic layer 7 with the nonmagnetic layer 6 therebetween, is maintained stable in the same direction or inverse direction, according to the thickness of the nonmagnetic layer 6. A pair of electrode layers 10 formed of Cu, Cr, Ta, or the like are provided over these layers, as in a known structure. Also, the electrode layers are covered with an upper gap insulating layer, not shown in the figure, formed of the same insulating material as in the lower gap insulating layer. Furthermore, an upper shield layer is formed of the same soft magnetic material as in the lower shield layer on the upper gap insulating layer. Thus, a magnetoresistive thin-film magnetic head using as a reproducing head is constituted.

[0028] It goes without saying that a cap layer formed of Ta or the like covers the exposed upper surfaces of the pair of



electrode layers 10 and free magnetic layer 4 to prevent oxidization.

[0029] A magnetic field is applied in the Y direction (perpendicular to the surface of Fig. 1) so that the magnetization of the pinned magnetic layer 2 of the GMR element 5 is oriented in the Y direction orthogonal to the sliding surface of the head, opposing a magnetic recording medium, and heat treatment (annealing) is performed at a predetermine temperature for a predetermined time. Thus, the magnetization direction of the pinned magnetic layer 2 is fixed in the Y direction by an exchange coupling magnetic field with the antiferromagnetic layer 1. On the other hand, the magnetization of the pair of ferromagnetic layers 7 of the laminated longitudinal bias layer 9 is oriented in a direction (X or -X direction in Fig. 1) substantially orthogonal to the magnetization direction of the pinned magnetic layer 2. It is required that a material for the antiferromagnetic layer 8 is selected so that the magnetization direction of the ferromagnetic layer 7 is determined under conditions in which at least one condition of intensity of the magnetic field and heat treatment temperature and time for determining magnetization differs from that for determining the magnetization direction of the pinned magnetic layer 2.

[0030] Also, the thickness of the pair of nonmagnetic



layers 6 of the pair of laminated longitudinal bias layers 9 is set so that the magnetization of the free magnetic layer 4 is set antiparallel to the magnetization direction of the ferromagnetic layers 7 by generating a strong exchange coupling magnetic field with the ferromagnetic layers 7. Thus, the magnetization direction (for example, X direction) of the free magnetic layer 4 becomes antiparallel (-X direction) to the magnetization direction of the ferromagnetic layers 7. A small thickness of the nonmagnetic layers 6 maintains the magnetization direction of the free magnetic layer 4 oriented in the same direction as that of the ferromagnetic layers 7. An excessively large thickness of the nonmagnetic layers 6 allows the magnetization direction of the free magnetic layer 4 to revert to the original direction, that is, the same direction as the magnetization direction of ferromagnetic layers 7. The magnetization direction is periodically changed to be parallel or antiparallel, depending on the thickness, and, thus, the intensity of the magnetic field is reduced. Therefore, the thickness of the nonmagnetic layers 6 must be set in a suitable range. According to test results, shown in Table 1, effective thickness of the nonmagnetic layers 6 depends on the type of nonmagnetic material used.

[0031]



[Table 1]

Nonmagnetic material used	Thickness capable of reversing magnetization direction
Ru	0.4 to 0.8 nm
Cu	about 0.9 nm, about 2.0 nm
Ag, Au	2 to 3 nm
Ir	about 1.3 nm

[0032] As shown in Fig. 1 (b), a cap layer 11 may be formed of a nonmagnetic material such as Ta between the pair of laminated longitudinal bias layers 9 in foregoing embodiment 1 and in contact with the upper surface of the free magnetic layer 4, which is the uppermost layer of the magnetoresistive element 5.

[0033] As described above, in embodiment 1, the pair of laminated longitudinal bias layers disposed at either side, each including the nonmagnetic layer, the ferromagnetic layer, and the antiferromagnetic layer function as a bias layer for setting the magnetization direction of the free magnetic layer. The magnetization of the ferromagnetic layer is oriented in a specific direction (for example, -X direction) by an exchange coupling magnetic field between the ferromagnetic layer and the antiferromagnetic layer. Also, the free magnetic layer opposes the ferromagnetic layer with the nonmagnetic layer having a suitable thickness therebetween. Consequently, the magnetization direction of the free magnetic layer is firmly fixed (for example, X





direction) in comparison with the case where an antiferromagnetic layer is directly deposited on the free magnetic layer. In addition, the magnetization of the free magnetic layer of the GMR element between the portions of the free magnetic layer, opposing the pair of ferromagnetic layers on either side becomes apt to be oriented in the X direction, and thus, becomes stable. Consequently, the resulting magnetic head exhibits reduced Barkhausen noise, high sensitivity, and stable reproduction performance.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-155313

(P2001-155313A)

(43)公開日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 1 1 B	5/39	G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
H 0 1 F	10/08	H 0 1 F 10/08	5 E 0 4 9
	10/12	10/12	
H 0 1 L	43/08	H 0 1 L 43/08	Z
	43/12	43/12	
審査請求 未請求 請求項の数41 O L (全 26 頁)			

(21)出願番号 特願平11-333776

(22)出願日 平成11年11月25日(1999. 11. 25)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 坂口 昌也

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 深澤 利雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

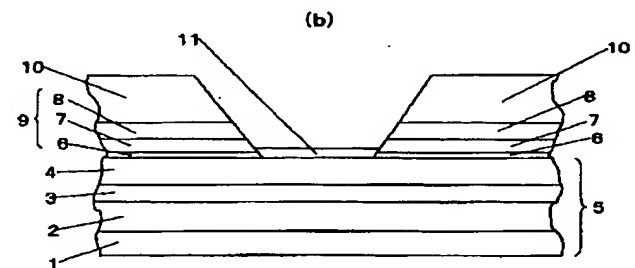
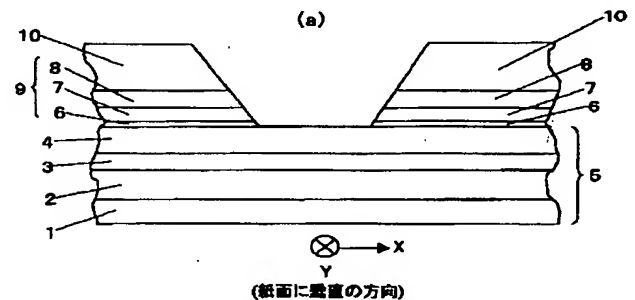
最終頁に続く

## (54)【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

## (57)【要約】

【課題】 高記録密度化に伴う短波長の記録信号を再生するための狭ギャップレングス化された再生ヘッドにおいて、安定した縦バイアスが供給され、高感度で、且つ安定した再生性能を有する薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 磁気抵抗効果素子の最上部にあるフリー磁性層の上に、夫々左右一対の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜で構成された左右一対の積層縦バイアス層を形成することによって、非常に強い交換結合磁界で積層縦バイアス層と対向するフリー磁性層の磁化が固定でき、高感度で再生出力が安定した薄膜磁気ヘッドを得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下部シールド層と上部シールド層との間に絶縁材を介して磁気抵抗効果素子を有し、前記磁気抵抗効果素子に接して設けられた縦バイアス層と、信号電流を流すための電極リード層からなる磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、

反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、

前記磁気抵抗効果素子を構成する前記フリー磁性層の上に、夫々左右一対の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜とからなる左右一対の積層縦バイアス層と、で構成されたことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 左右一対の前記非磁性膜を介して左右一対の前記強磁性膜に対向している部分の前記磁気抵抗効果素子を構成する前記フリー磁性層の磁化の方向が、左右一対の前記強磁性膜の磁化の方向と逆方向になるような前記積層縦バイアス層を構成する左右一対の前記非磁性膜の膜厚を有することを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 左右一対の前記非磁性膜の膜厚が 0.4 ~ 3 nm の範囲にあることを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子を構成する前記フリー磁性層の上に、夫々左右一対の第 1 の非磁性膜、第 1 の強磁性膜、第 2 の非磁性膜、第 2 の強磁性膜及び反強磁性膜からなる左右一対の積層縦バイアス層と、で構成されたことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記フリー磁性層の磁化の方向が、左右一対の前記第 1 の強磁性膜の磁化の方向と逆方向になるような左右一対の前記第 1 の非磁性膜の厚さを有し、左右一対の前記第 2 の強磁性膜の磁化の方向が左右一対の前記第 1 の強磁性層の磁化方向と逆方向になるような左右一対の前記第 2 の非磁性膜の厚さを有することを特徴とする請求項 4 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 左右一対の前記第 1 の非磁性膜の膜厚が、0.4 ~ 3 nm の範囲にあり、且つ、左右一対の前記第 2 の非磁性膜の膜厚が 0.4 ~ 3 nm の範囲にあることを特徴とする請求項 4 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 左右一対の前記積層縦バイアス層の間にあり、且つ、前記磁気抵抗効果素子の上面に接したキャップ層を有することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】 前記磁気抵抗効果素子を構成する前記固定磁性層が、非磁性層膜を介して対向する 2 つの固定磁性層膜を積層した積層固定磁性層で構成されたことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】 前記積層固定磁性層において、前記非磁

性層膜を介して対向した前記固定磁性層膜の磁化の方向をお互いに逆の方向になるような前記非磁性層膜の膜厚を有することを特徴とする請求項 8 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 前記積層固定磁性層において、前記非磁性層膜の膜厚が、0.4 ~ 3 nm の範囲にあることを特徴とする請求項 8 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 11】 前記磁気抵抗効果素子を構成する前記フリー磁性層が、その隣り合うフリー磁性層膜の材料を異種の軟磁性材料で複数層積層された積層フリー磁性層で構成されたことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 10 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 12】 下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第 1 の工程と、

前記磁気抵抗効果素子の最上部にある前記フリー磁性層の上に、左右一対の非磁性膜を成膜形成し、その上に左右一対の強磁性膜を積層成膜し、更にその上に、左右一対の反強磁性膜を積層成膜して、前記非磁性膜、前記強磁性膜及び前記反強磁性膜からなる左右一対の積層縦バイアス層を形成する第 2 の工程と、

前記積層縦バイアス層の最上部に形成された前記反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を形成する第 3 の工程と、を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 13】 請求項 12 の第 2 の工程において、前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層をクリーニングした後、前記フリー磁性層の上に左右一対の非磁性膜、左右一対の強磁性膜及び左右一対の反強磁性膜を積層成膜して、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第 2 の工程を有することを特徴とする請求項 12 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 14】 請求項 12 の第 2 の工程において、前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の上を覆うように、非磁性層膜、強磁性層膜及び反強磁性層膜を順次積層成膜した後、前記非磁性膜の一部或いは前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層成膜された前記強磁性層膜及び前記反強磁性層膜の一部を削除して、前記フリー磁性層の上に夫々左右一対の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜を形成することによって、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第 2 の工程を有することを特徴とする請求項 12 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 15】 請求項 12 の第 2 の工程において、前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の上を覆うように非磁性膜を成膜した後、その上に夫々左右一対の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜形成して、非磁性膜、左右一対の強磁性膜及び左右一対

の反強磁性膜からなる左右一対の縦バイアス層を形成する第2の工程を有することを特徴とする請求項12に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項16】 下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、

前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の上に、夫々左右一対の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜して、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程と、

前記積層縦バイアス層の最上部に形成された前記反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程と、を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項17】 請求項16の第2の工程において、前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層をクリーニングした後、前記フリー磁性層の上に、夫々左右一対の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜して、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程を有することを特徴とする請求項16に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項18】 請求項16の第2の工程において、前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の上を覆うように、第1の非磁性層膜、第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜及び反強磁性層膜を順次積層成膜した後、前記第1の非磁性層膜の一部或いは前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層成膜された前記第1の強磁性層膜、前記第2の非磁性層膜、前記第2の強磁性層膜及び前記反強磁性層膜の一部を削除して、前記フリー磁性層の上に夫々左右一対の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を形成することによって、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程を有することを特徴とする請求項16に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項19】 請求項16の第2の工程において、前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の上を覆うように第1の非磁性膜を成膜した後、その上に夫々左右一対の第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜形成して、前記第1の非磁性膜、左右一対の前記第1の強磁性膜、前記第2の非磁性膜、前記第2の強磁性膜及び左右一対の反強磁性膜からなる左右一対の縦バイアス層を形成する第2の工程を有することを特徴とする請求項16に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項20】 前記積層縦バイアス層の最上部に形成

された左右一対の前記反強磁性膜及び前記非磁性膜或いは前記磁気抵抗効果素子の露出した上面を覆うように電極リード層膜を成膜し、前記非磁性膜の一部或いは前記磁気抵抗効果素子の一部が露出するように、前記電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項12～請求項14或いは請求項16～請求項18のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項21】 前記積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の前記反強磁性膜及び最下部に成膜された前記非磁性膜の露出した上面を覆うように電極リード層膜を成膜した後、前記非磁性膜或いは前記磁気抵抗効果素子の一部が露出するように、前記電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項15に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項22】 前記積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の前記反強磁性膜及び最下部に成膜された前記第1の非磁性膜の露出した上面を覆うように電極リード層膜を成膜した後、前記第1の非磁性膜或いは前記磁気抵抗効果素子の一部が露出するように、前記電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項19に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項23】 請求項12の第3の工程において、レジストを形成して、前記積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の前記反強磁性膜及び前記非磁性膜或いは前記磁気抵抗効果素子の露出した上面の一部の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項12～請求項14或いは請求項16～請求項18のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項24】 レジストを形成して、前記積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の前記反強磁性膜及び最下部に成膜された前記非磁性膜の露出した上面の一部の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項15に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項25】 レジストを形成して、前記積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の前記反強磁性膜及び最下部に成膜された前記第1の非磁性膜の露出した上面の一部の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項19に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項26】 請求項12の第2の工程及び第3の工程において、前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の上を覆うように非磁性層膜、強磁性層膜及び反強磁性層膜を順次積層成膜する第2の工程と、

更に、その上に前記反強磁性層膜を覆うように電極リー

ド層膜を成膜した後、前記非磁性層膜の一部或いは前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層成膜された前記強磁性層膜、前記反強磁性層膜及び前記電極リード層膜の一部を削除して、前記フリー磁性層の上に夫々左右一対の非磁性膜、強磁性膜、反強磁性膜及び電極リード層を形成し、夫々左右一対の前記非磁性膜、前記強磁性膜及び前記反強磁性膜からなる左右一対の積層縦バイアス層及び左右一対の前記電極リード層を形成する第3の工程と、を有することを特徴とする請求項12に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項27】 請求項16の第2の工程及び第3の工程において、前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の上を覆うように第1の非磁性層膜、第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜及び反強磁性層膜を順次積層成膜する第2の工程と、

更に、その上に前記反強磁性層膜を覆うように電極リード層膜を成膜した後、前記第1の非磁性層膜の一部或いは前記磁気抵抗効果素子の最上部に形成された前記フリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層成膜された前記第1の強磁性層膜、前記第2の非磁性層膜、前記第2の強磁性層膜、前記反強磁性層膜及び前記電極リード層膜の一部を削除して、前記フリー磁性層の上に夫々左右一対の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜、反強磁性膜及び電極リード層を形成し、夫々左右一対の前記第1の非磁性膜、前記第1の強磁性膜、前記第2の非磁性膜、前記第2の強磁性膜及び前記反強磁性膜からなる左右一対の積層縦バイアス層及び左右一対の前記電極リード層を形成する第3の工程と、を有することを特徴とする請求項16に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項28】 左右一対の前記電極リード層及び前記磁気抵抗効果素子の最上部にある前記フリー磁性層或いは前記非磁性層膜の露出した上面に、酸化防止、耐食性向上のためのキャップ層を成膜する第4の工程を有することを特徴とする請求項12～請求項27のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項29】 下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層を成膜し、更にその上に、第1の固定磁性層膜、非磁性層膜、第2の固定磁性層膜からなる積層固定磁性層を成膜し、その上に、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程を有することを特徴とする請求項12～請求項28に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項30】 下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層及び非磁性導電層を順次積層成膜し、更にその上に、異種の軟磁性材料を用いて第1のフリー磁性層膜、第2のフリー

磁性層膜、……、第nのフリー磁性層膜（nは2以上の正の整数）を積層成膜した積層フリー磁性層を形成して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程を有することを特徴とする請求項12～請求項29のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項31】 下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成し、更にその上に、キャップ層を成膜する第1の工程と、

レジストを形成して、前記磁気抵抗効果素子の上にある前記キャップ層の一部を削除して前記フリー磁性層を露出させ、露出した前記フリー磁性層の上に、夫々左右一対の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜して、前記非磁性膜、前記強磁性膜及び前記反強磁性膜からなる左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程と、前記積層縦バイアス層の最上部に形成された前記反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程と、を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項32】 請求項31の第2の工程において、レジストを形成して、前記磁気抵抗効果素子の上に形成された前記キャップ層の一部を削除して前記フリー磁性層を露出させ、露出した前記フリー磁性層の上に、夫々左右一対の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜して、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項31に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項33】 請求項31の第1の工程において、下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層を成膜し、更にその上に、第1の固定磁性層膜、非磁性層膜、第2の固定磁性層膜からなる積層固定磁性層を成膜し、その上に、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成し、更にその上に、キャップ層を成膜する第1の工程を有することを特徴とする請求項31或いは請求項32のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項34】 請求項31の第1の工程において、下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層、固定磁性層及び非磁性導電層を順次積層成膜し、更にその上に、異種の軟磁性材料を用いて第1のフリー磁性層膜、第2のフリー磁性層膜、……、第nのフリー磁性層膜（nは2以上の正の整数）を積層成膜した積層フリー磁性層を形成して、磁気抵抗効果素子を形成し、更にその上に、キャップ層を成膜する第1の工程を有することを特徴とする請求項31～請求項33のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項35】 請求項31の第3の工程において、前

記積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の前記反強磁性膜及び前記キャップ層の露出した上面を覆うように電極リード層膜を成膜し、前記キャップ層或いは磁気抵抗効果素子の一部が露出するように、前記電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項31～請求項34のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項36】 請求項31の第3の工程において、前記積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の前記反強磁性膜及び前記キャップ層の露出した上面の一部の上に、レジストを形成して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項31～請求項34のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項37】 前記磁気抵抗効果素子の最上部にあるフリー磁性層の上面を覆うように、非磁性層膜、強磁性層膜及び反強磁性層膜が順次積層成膜された後、且つ、前記非磁性層膜の一部或いは前記フリー磁性層の一部が露出するように、積層された前記非磁性層膜、前記強磁性層膜及び前記反強磁性層膜の一部を削除して、左右一対の積層縦バイアス層を形成する前に、積層成膜された前記強磁性層膜及び前記磁気抵抗効果素子を構成する前記固定磁性層の夫々の磁化の方向が、夫々の所定方向になるように積層成膜された前記反強磁性層膜及び前記磁気抵抗効果素子の前記反強磁性層に熱処理を加えることを特徴とする請求項14に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項38】 前記磁気抵抗効果素子の最上部にある前記フリー磁性層の上面を覆うように、第1の非磁性層膜、第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜及び反強磁性層膜が順次積層成膜された後、且つ、前記第1の非磁性層膜の一部或いは前記フリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層された前記第1の強磁性層膜、前記第2の非磁性層膜、前記第2の強磁性層膜及び前記反強磁性層膜の一部を削除して、左右一対の積層縦バイアス層を形成する前に、積層成膜された前記第1の強磁性層膜、前記第2の強磁性層膜及び前記磁気抵抗効果素子を構成する前記固定磁性層の夫々の磁化の方向が、夫々の所定方向になるように積層成膜された前記反強磁性層膜及び前記磁気抵抗効果素子の反強磁性層に熱処理を加えることを特徴とする請求項18に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項39】 前記磁気抵抗効果素子の最上部にある前記フリー磁性層の上面を覆うように、非磁性層膜、強磁性層膜、反強磁性層膜及び電極リード層膜が順次積層成膜された後、且つ、前記非磁性層膜の一部或いは前記フリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層された前記強磁性層膜、前記反強磁性層膜及び前記電極リード層膜の一部を削除して、夫々左右一対の積層縦バ

イアス層及び電極リード層を形成する前に、積層成膜された前記強磁性層膜及び前記磁気抵抗効果素子を構成する前記固定磁性層の夫々の磁化の方向が、夫々の所定方向になるように積層成膜された前記反強磁性層膜及び前記磁気抵抗効果素子の前記反強磁性層に熱処理を加えることを特徴とする請求項26に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項40】 前記磁気抵抗効果素子の最上部にある前記フリー磁性層の上面を覆うように、第1の非磁性層膜、第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜、反強磁性層膜及び電極リード層膜が順次積層成膜された後、且つ、前記第1の非磁性層膜の一部或いは前記フリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層された前記第1の強磁性層膜、前記第2の非磁性層膜、前記第2の強磁性層膜、前記反強磁性層膜及び前記電極リード層膜の一部を削除して、夫々左右一対の積層縦バイアス層及び電極リード層を形成する前に、積層成膜された前記第1の強磁性層膜、前記第2の強磁性層膜及び前記磁気抵抗効果素子を構成する前記固定磁性層の夫々の磁化の方向が、夫々の所定方向になるように積層成膜された前記反強磁性層膜及び前記磁気抵抗効果素子の前記反強磁性層に熱処理を加えることを特徴とする請求項27に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項41】 左右一対の前記電極リード層及び前記磁気抵抗効果素子の最上部にある前記フリー磁性層或いは前記非磁性層膜の露出した上面に、キャップ層が成膜された後、且つ、成膜された前記キャップ層、左右一対の前記電極リード層、左右一対の積層縦バイアス層及び前記磁気抵抗効果素子が所定の形状にパターンニングされて削り取られて、上部ギャップ絶縁層が形成される前に、前記積層縦バイアス層を構成する前記強磁性層膜及び前記磁気抵抗効果素子を構成する前記固定磁性層の夫々の磁化の方向が、夫々の所定方向になるように前記積層縦バイアス層を構成する前記反強磁性層膜及び前記磁気抵抗効果素子の前記反強磁性層に熱処理を加えることを特徴とする請求項28に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気ディスク装置（HDD装置）等の磁気記録媒体に対して高密度の記録・再生を行う装置に適用され、特に、磁気抵抗効果素子のフリー磁性層に安定したバイアス磁界を与えて再生効率の高い磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、磁気ディスク装置（HDD装置）等の磁気記録媒体に対する記録・再生において、処理速度の向上と記録容量の大容量化の必要性が増してきており、高記録密度化への取り組みが強化されつつある。



【0003】以下、従来の薄膜磁気ヘッドについて図面を用いて説明する。

【0004】図23及び図24は、従来の薄膜磁気ヘッドを示す図であり、図23は斜視概略図、図24は薄膜磁気ヘッドの正面概略模式図である。

【0005】例えば、磁気ディスク装置における信号の磁気記録媒体への記録再生に用いられる薄膜磁気ヘッドは、図23に示すような所謂MR（GMR）インダクティブ複合ヘッドと呼ばれているものが多い。

【0006】図23において、パーマロイ、Co系アモルファス磁性膜或いはFe系合金磁性膜等の軟磁性材料で成膜された下部シールド層231の上にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN或いはSiO<sub>2</sub>等の非磁性絶縁材料を用いて下部ギャップ絶縁層232が成膜され、更にその上面に磁気抵抗効果素子（MR素子或いはGMR素子。以下、GMR素子と言う）233が積層成膜形成され、GMR素子233の左右両側端部にCoPt合金等の材料で縦バイアス層234が成膜される。GMR素子233の上面とその両側面とのなす交線である稜線に接し、縦バイアス層234の上面に成膜するように、Cu、Cr或いはTa等の材料を用いて電極リード層235が形成される。ここで、電極リード層235は縦バイアス層234の上面及びGMR素子233の一部の上面にかかるようにして、電極リード層235を成膜しても良い。次に、電極リード層235とGMR素子233の露出した部分の上に、下部ギャップ絶縁層232と同様の非磁性絶縁材料を用いて上部ギャップ絶縁層236を成膜する。更に、上部ギャップ絶縁層236の上に、下部シールド層231と同じような軟磁性材料を用いて上部シールド層237を成膜形成し、再生用の磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド部238を構成する。

【0007】次に、上部シールド層237の上面に下部ギャップ絶縁層232と同様の非磁性絶縁材料を用いて記録ギャップ層241を成膜し、更に記録ギャップ層241を介して上部シールド層237に対向し、且つ、他の部分で上部シールド層237に接している上部磁極242を軟磁性材料を用いて成膜形成し、記録ギャップ層241を介して上部シールド層237と上部磁極242が対向している部分と上部磁極242が上部シールド層237に接している部分との間で、上部シールド層237と上部磁極242から絶縁材（図示せず）を介して絶縁された巻線コイル243が設けられて、記録用の誘導型薄膜磁気ヘッド部240を構成する。ここで、上部シールド層237は再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド部238のシールド機能と記録用誘導型薄膜磁気ヘッド部240の下部磁極機能とを兼ね備えた機能を有している。

【0008】図24に薄膜磁気ヘッドの再生ヘッド部における磁気抵抗効果素子近傍の正面概略模式図を示すように、下部シールド層231の上面に成膜された下部ギ

ャップ絶縁層232の上に、FeMn系合金膜、PtMn系合金膜等の材料である反強磁性層244、NiFe系合金膜、Co、CoFe合金膜等を材料とする固定磁性層245、Cu等を材料とする非磁性導電層246、固定磁性層245と同様の材料とするフリー磁性層247及びTa等を材料とするキャップ層248が順次積層成膜され、イオンミリング等のエッチング工程で左右両側端部が傾斜した面を持つように削り取られてGMR素子233を形成する。GMR素子233の左右両側端面に接して、左右一對の縦バイアス層234が形成され、その上に左右一對の電極リード層235が形成されている。更に、それらの上に、上部ギャップ絶縁層236が成膜され、更にその上に、上部シールド層237が形成されている。近年、高記録密度化に対応した短波長の記録信号を再生するために、再生ヘッドギャップレングス249が益々小さくなってきている。

【0009】巻線コイル243に記録電流が供給されることにより、記録用誘導型薄膜磁気ヘッド部240の上部磁極242と上部シールド層237に記録磁界が発生し、記録ギャップ層241を介して対向する上部磁極242と上部シールド層237との間に漏洩磁束が発生し、磁気記録媒体に記録信号を記録する。また、信号が記録された磁気記録媒体からの信号磁界を再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド部238で再生し、GMR素子233による抵抗変化に応じた再生信号を電極リード層235の端子から検出する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記の従来の構成の薄膜磁気ヘッドの再生ヘッド部において、磁気記録媒体に短波長で記録された信号を再生するためには、再生ヘッドギャップレングスを小さくする必要がある。再生ヘッドギャップレングスは下部シールド層の上面から上部シールド層の下面までの距離即ち下部ギャップ絶縁層、GMR素子及び上部ギャップ絶縁層の夫々の膜厚の和であり、この距離を小さくすることはGMR素子の両側にある左右一對の縦バイアス層が下部シールド層或いは上部シールド層に接近することになり、縦バイアス層の磁界が下部シールド層或いは上部シールド層に逃げ易くなり、GMR素子のフリー磁性層にかかるバイアス磁界が弱まって、フリー磁性層の磁化の方向が不安定になり、ノイズが増加し、安定した再生信号が得られないという課題があった。

【0011】本発明は、上記の課題を解決し、縦バイアス層からGMR素子のフリー磁性層にかかるバイアス磁界を精度良く、安定したものにして、フリー磁性層の磁化の方向を安定させ、バルクハウゼンノイズの発生を抑え、再生性能の良好な磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため



に本発明の薄膜磁気ヘッドは、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の上に、夫々左右一対の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜とからなる左右一対の積層縦バイアス層とからなるようにした構成を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、左右一対の非磁性膜を介して左右一対の強磁性膜に対向している部分の磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の磁化の方向が、左右一対の強磁性膜の磁化の方向と逆方向になるような積層縦バイアス層を構成する左右一対の非磁性膜の膜厚を有するような構成を有している。

【0013】この構成によって、適当な膜厚を有する非磁性膜を介して強磁性膜に対向するフリー磁性層を構成することによって、フリー磁性層に直接反強磁性材料を積層させた場合と比較してフリー磁性層の磁化の方向（例えば、X方向）がより強く固定され、一方で、左右一対の強磁性膜に対向している左右のフリー磁性層の間にあるフリー磁性層の部分も、安定してX方向に向き易くなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、高感度で安定した再生性能を得ることができる。

【0014】また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の上に、夫々左右一対の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜とからなる左右一対の積層縦バイアス層とからなるようにした構成を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、フリー磁性層の磁化の方向が、左右一対の第1の強磁性膜の磁化の方向と逆方向になるような左右一対の第1の非磁性膜の厚さを有し、左右一対の第2の強磁性膜の磁化の方向が左右一対の第1の強磁性層の磁化方向と逆方向になるような左右一対の第2の非磁性膜の厚さを有するような構成を有している。

【0015】この構成によって、適当な膜厚を有する左右一対の第1の非磁性膜を介して左右一対の第1の強磁性膜に対向するフリー磁性層は、フリー磁性層に直接反強磁性材料を積層させた場合と比較して、第1の強磁性膜との交換結合磁界が非常に強く、左右一対の第1の強磁性膜に対向する部分のフリー磁性層の磁化の方向は非常に安定したものとなり、左右一対の第1の強磁性膜に対向している部分の間にあるフリー磁性層の磁化の方向も同じ方向となり、更に、積層縦バイアス層として適当な膜厚の第2の非磁性膜を介して第1の強磁性膜と第2の強磁性膜と対向させることによって、端面磁荷による漏れ磁界をお互いに打ち消し合うことになり、且つ、強磁性膜の端面における反磁界による磁化の方向がY方向に傾くのを防ぎ、強磁性膜の磁化も端部まで揃うことになり、外部磁界に対して高感度な、安定したものとなり、優れた再生性能を得ることができる。

【0016】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子の最上部にあるフリー磁性層の上に、左右一対の非磁性膜を成膜形成し、その上に左右一対の強磁性膜を積層成膜し、更にその上に、左右一対の反強磁性膜を積層成膜して、非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜とからなる左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程と、積層縦バイアス層の最上部に形成された反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層をクリーニングした後、フリー磁性層の上に左右一対の非磁性膜、左右一対の強磁性膜及び左右一対の反強磁性膜を積層成膜して、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成し、更にその上に、キャップ層を成膜する第1の工程と、レジストを形成して、磁気抵抗効果素子の上面にあるキャップ層の一部を削除してフリー磁性層を露出させ、露出したフリー磁性層の上に、夫々左右一対の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜して、非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜とからなる左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程と、積層縦バイアス層の最上部に形成された反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有している。

【0017】この方法によって、フリー磁性層に磁化の方向を与える縦バイアス層として積層縦バイアス層とした構成とし、左右一対の非磁性膜を介して強磁性膜に対向したフリー磁性層は、その対向している部分において、フリー磁性層が直接反強磁性膜に接している場合と比較して、非常に強い強磁性膜との交換結合磁界が得られ、フリー磁性層の磁化の方向を安定して保持し、一方で、左右一対の強磁性膜に対向している左右のフリー磁性層の間にあるフリー磁性層の部分も、安定して左右一対の強磁性膜に対向している左右のフリー磁性層の部分と同じ方向に向き易くなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、高感度な安定した再生性能を有する再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。

【0018】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子の最上部に

10

20

30

40

50

形成されたフリー磁性層の上に、夫々左右一対の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜して、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程と、積層縦バイアス層の最上部に形成された反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有している。

【0019】この方法によって、フリー磁性層に磁化の方向を与える縦バイアス層として積層縦バイアス層とした構成とし、左右一対の非磁性膜を介して強磁性膜に対向したフリー磁性層は、その対向している部分において、フリー磁性層が直接反強磁性膜に接している場合と比較して、非常に強い強磁性膜との交換結合磁界が得られ、フリー磁性層の磁化の方向を安定して保持し、一方で、左右一対の強磁性膜に対向している左右のフリー磁性層の間にあるフリー磁性層の部分も、安定して左右一対の強磁性膜に対向している左右のフリー磁性層の部分と同じ方向に向き易くなり、更に、積層縦バイアス層の強磁性膜の端面磁荷による漏れ磁界を第1の強磁性膜と第2の強磁性膜で相互に打ち消し合うことになり、且つ、強磁性膜の端面における反磁界による磁化の方向がY方向に傾くのを防ぎ、強磁性膜の磁化も端部まで揃うことになり、フリー磁性層の磁化の方向がより安定したものとなり、より一層安定した再生性能を有する再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。

#### 【0020】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、下部シールド層と上部シールド層との間に絶縁材を介して磁気抵抗効果素子を有し、磁気抵抗効果素子に接して設けられた縦バイアス層と、信号電流を流すための電極リード層からなる磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の上に、夫々左右一対の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜とからなる左右一対の積層縦バイアス層とで構成されたことを特徴としたものであり、また、本発明の請求項2に記載の発明は、左右一対の非磁性膜を介して左右一対の強磁性膜に対向している部分の磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の磁化の方向が、左右一対の強磁性膜の磁化の方向と逆方向になるような積層縦バイアス層を構成する左右一対の非磁性膜の膜厚を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項3に記載の発明は、左右一対の非磁性膜の膜厚が0.4～3nmの範囲にあることを特徴としたものであり、また、本発明の請求項7に記載の発明は、左右一対の積層縦バイアス層の間にあり、且つ、磁気抵抗効果素子の上面に接したキャップ層を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項8に記載の発明は、磁気抵抗効果素子を構成する固定磁性層

が、非磁性層膜を介して対向する2つの固定磁性層膜を積層した積層固定磁性層で構成されたことを特徴としたものであり、また、本発明の請求項9に記載の発明は、積層固定磁性層において、非磁性層膜を介して対向した固定磁性層膜の磁化の方向を相互に逆の方向になるような非磁性層膜の膜厚を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項11に記載の発明は、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層が、その隣合うフリー磁性層膜の材料を異種の軟磁性材料で複数層積層された積層フリー磁性層で構成されたことを特徴としたものであり、縦バイアス層として、強磁性膜と反強磁性膜とを積層し、反強磁性膜との交換結合磁界によって、強磁性膜の磁化の方向が一定の方向（例えば、-X方向）に揃えられ、且つ、適当な膜厚を有する非磁性膜を介して強磁性膜に対向するフリー磁性層を構成することによって、フリー磁性層に直接反強磁性材料を積層させた場合と比較してフリー磁性層の磁化の方向（例えば、X方向）がより強く固定され、一方で、左右一対の強磁性膜に対向している左右のフリー磁性層の間にあるGMR素子を構成するフリー磁性層の部分も、安定してX方向に向き易くなり、非常に安定なものとなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、高感度で安定した再生性能を得ることができるという作用を有している。

【0021】また、本発明の請求項4に記載の発明は、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の上に、夫々左右一対の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜からなる左右一対の積層縦バイアス層とで構成されたことを特徴としたものであり、また、本発明の請求項5に記載の発明は、フリー磁性層の磁化の方向が、左右一対の第1の強磁性膜の磁化の方向と逆方向になるような左右一対の第1の非磁性膜の厚さを有し、左右一対の第2の強磁性膜の磁化の方向が左右一対の第1の強磁性層の磁化方向と逆方向になるような左右一対の第2の非磁性膜の厚さを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項6に記載の発明は、左右一対の第1の非磁性膜の膜厚が、0.4～3nmの範囲にあり、且つ、左右一対の第2の非磁性膜の膜厚が0.4～3nmの範囲にあることを特徴としたものであり、第2の強磁性膜と反強磁性膜との間の交換結合磁界により、第2の強磁性膜の磁化の方向が一定の方向に揃えられ、且つ、適当な膜厚を有する左右一対の第2の非磁性膜を介して左右一対の第2の強磁性膜に対向する第1の強磁性膜の磁化の方向が第2の強磁性膜の磁化の方向と逆方向に揃えられ、また、適当な膜厚を有する左右一対の第1の非磁性膜を介して左右一対の第1の強磁性膜に対向するフリー磁性層は、第1の強磁性膜との交換結合磁界が非常に強く、左右一対の第1の強磁性膜に対向する部分のフリー磁性層の磁化の方向は第1の強磁性

膜の磁化の方向と反対方向に向き、非常に安定したものとなり、左右一對の第1の強磁性膜に対向している部分の間にあるフリー磁性層の磁化の方向も同じ方向となり、更に、積層縦バイアス層として第2の非磁性膜を介して第1の強磁性膜と第2の強磁性膜と対向させることによって、端面磁荷による漏れ磁界をお互いに打ち消し合うことになり、且つ、強磁性膜の端面における反磁界による磁化の方向がY方向に傾くのを防ぎ、強磁性膜の磁化も端部まで揃うことになり、外部磁界に対して高感度な、安定したものとなり、優れた再生性能を得ることができる。

【0022】また、本発明の請求項12に記載の発明は、下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子の最上部にあるフリー磁性層の上に、左右一對の非磁性膜を成膜形成し、その上に左右一對の強磁性膜を積層成膜し、更にその上に、左右一對の反強磁性膜を積層成膜して、非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜からなる左右一對の積層縦バイアス層を形成する第2の工程と、積層縦バイアス層の最上部に形成された反強磁性膜の上に、左右一對の電極リード層を形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項13に記載の発明は、請求項12の第2の工程において、磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層をクリーニングした後、フリー磁性層の上に左右一對の非磁性膜、左右一對の強磁性膜及び左右一對の反強磁性膜を積層成膜して、左右一對の積層縦バイアス層を形成する第2の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項14に記載の発明は、請求項12の第2の工程において、磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の上を覆うように、非磁性層膜、強磁性層膜及び反強磁性層膜を順次積層成膜した後、非磁性膜の一部或いは磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層成膜された強磁性層膜及び反強磁性層膜の一部を削除して、フリー磁性層の上に夫々左右一對の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜を形成することによって、左右一對の積層縦バイアス層を形成する第2の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項15に記載の発明は、請求項12の第2の工程において、磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の上を覆うように非磁性膜を成膜した後、その上に夫々左右一對の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜形成して、非磁性膜、左右一對の強磁性膜及び左右一對の反強磁性膜からなる左右一對の縦バイアス層を形成する第2の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項20に記載の発明は、積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一對の反強磁性膜及び磁気抵抗効果素子の

露出した上面を覆うように電極リード層膜を成膜し、磁気抵抗効果素子の一部が露出するように、電極リード層膜の一部を削除して、左右一對の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項21に記載の発明は、積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一對の反強磁性膜及び最下部に成膜された非磁性膜の露出した上面を覆うように電極リード層膜を成膜した後、非磁性膜或いは磁気抵抗効果素子の一部が露出するように、電極リード層膜の一部を削除して、左右一對の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項23に記載の発明は、請求項12の第3の工程において、レジストを形成して、積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一對の反強磁性膜及び磁気抵抗効果素子の露出した上面の一部の上に、左右一對の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項24に記載の発明は、レジストを形成して、積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一對の反強磁性膜及び最下部に成膜された非磁性膜の露出した上面の一部の上に、左右一對の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項26に記載の発明は、請求項12の第2の工程及び第3の工程において、磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の上を覆うように非磁性層膜、強磁性層膜及び反強磁性層膜を順次積層成膜する第2の工程と、更に、その上に反強磁性層膜を覆うように電極リード層膜を成膜した後、非磁性層膜の一部或いは磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層成膜された強磁性層膜、反強磁性層膜及び電極リード層膜の一部を削除して、前記フリー磁性層の上に夫々左右一對の非磁性膜、強磁性膜、反強磁性膜及び電極リード層を形成し、夫々左右一對の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜からなる左右一對の積層縦バイアス層及び左右一對の電極リード層を形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項28に記載の発明は、左右一對の電極リード層及び磁気抵抗効果素子の最上部にあるフリー磁性層或いは非磁性層膜の露出した上面に、酸化防止、耐食性向上のためのキャップ層を成膜する第4の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項29に記載の発明は、下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層を成膜し、更にその上に、第1の固定磁性層膜、非磁性層膜、第2の固定磁性層膜からなる積層固定磁性層を成膜し、その上に、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項30に記載の発明は、下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層及び非磁性導電

層を順次積層成膜し、更にその上に、異種の軟磁性材料を用いて第1のフリー磁性層膜、第2のフリー磁性層膜、……、第nのフリー磁性層膜（nは2以上の正の整数）を積層成膜した積層フリー磁性層を形成して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項31に記載の発明は、下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成し、更にその上に、キャップ層を成膜する第1の工程と、レジストを形成して、磁気抵抗効果素子の上にあるキャップ層の一部を削除してフリー磁性層を露出させ、露出したフリー磁性層の上に、夫々左右一対の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜して、非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜からなる左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程と、積層縦バイアス層の最上部に形成された反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項35に記載の発明は、請求項31の第3の工程において、積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の反強磁性膜及びキャップ層の露出した上面を覆うように電極リード層膜を成膜し、キャップ層の一部が露出するように、電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項36に記載の発明は、請求項31の第3の工程において、積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の反強磁性膜及びキャップ層の露出した上面の一部の上に、レジストを形成して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、縦バイアス層として、強磁性膜と反強磁性膜とを積層し、反強磁性膜との交換結合磁界によって、強磁性膜の磁化の方向が一定の方向（例えば、-X方向）に揃えられ、且つ、適当な膜厚を有する非磁性膜を介して強磁性膜に対向するフリー磁性層を構成することによって、フリー磁性層に直接反強磁性材料を積層させた場合と比較してフリー磁性層の磁化の方向（例えば、X方向）がより強く固定され、一方で、左右一対の強磁性膜に対向している左右のフリー磁性層の間にあるGMR素子を構成するフリー磁性層の部分も、安定してX方向に向き易くなり、非常に安定なものとなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、高感度で安定した再生性能の実現を図った薄膜磁気ヘッドを作製することができるという作用を有している。

【0023】また、本発明の請求項16に記載の発明は、下部シールド層の上に成膜された下部ギャップ絶縁層の上面に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の上に、夫々左右一対の第1の

非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜して、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程と、積層縦バイアス層の最上部に形成された反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項17に記載の発明は、請求項16の第2の工程において、磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層をクリーニングした後、フリー磁性層の上に、夫々左右一対の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜して、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項18に記載の発明は、請求項16の第2の工程において、磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の上を覆うように、第1の非磁性層膜、第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜及び反強磁性層膜を順次積層成膜した後、第1の非磁性層膜の一部或いは磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層成膜された第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜及び反強磁性層膜の一部を削除して、フリー磁性層の上に夫々左右一対の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を形成することによって、左右一対の積層縦バイアス層を形成する第2の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項19に記載の発明は、請求項16の第2の工程において、磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の上を覆うように第1の非磁性膜を成膜した後、その上に夫々左右一対の第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜形成して、第1の非磁性膜、左右一対の第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び左右一対の反強磁性膜からなる左右一対の縦バイアス層を形成する第2の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項22に記載の発明は、積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の反強磁性膜及び最下部に成膜された第1の非磁性膜の露出した上面を覆うように電極リード層膜を成膜した後、第1の非磁性膜或いは磁気抵抗効果素子の一部が露出するように、前記電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項25に記載の発明は、レジストを形成して、積層縦バイアス層の最上部に形成された左右一対の反強磁性膜及び最下部に成膜された第1の非磁性膜の露出した上面の一部の上に、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項27に記載の発明は、請求項16の第2の工程及び第3の工程において、磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー



磁性層の上を覆うように第1の非磁性層膜、第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜及び反強磁性層膜を順次積層成膜する第2の工程と、更に、その上に反強磁性層膜を覆うように電極リード層膜を成膜した後、第1の非磁性層膜の一部或いは磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層成膜された第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜、反強磁性層膜及び電極リード層膜の一部を削除して、フリー磁性層の上に夫々左右一對の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜、反強磁性膜及び電極リード層を形成し、夫々左右一對の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜からなる左右一對の積層縦バイアス層及び左右一對の電極リード層を形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項32に記載の発明は、請求項31の第2の工程において、レジストを形成して、磁気抵抗効果素子の上に形成されたキャップ層の一部を削除してフリー磁性層を露出させ、露出したフリー磁性層の上に、夫々左右一對の第1の非磁性膜、第1の強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜を順次積層成膜して、左右一對の積層縦バイアス層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、第2の強磁性膜と反強磁性膜との間の交換結合磁界により、第2の強磁性膜の磁化の方向が一定の方向に揃えられ、且つ、適当な膜厚を有する左右一對の第2の非磁性膜を介して左右一對の第2の強磁性膜に対向する第1の強磁性膜の磁化の方向が第2の強磁性膜の磁化の方向と逆方向に揃えられ、また、適当な膜厚を有する左右一對の第1の非磁性膜を介して左右一對の第1の強磁性膜に対向するフリー磁性層は、第1の強磁性膜との交換結合磁界が非常に強く、左右一對の第1の強磁性膜に対向する部分のフリー磁性層の磁化の方向は第1の強磁性膜の磁化の方向と反対方向に向き、非常に安定したものとなり、左右一對の第1の強磁性膜に対向している部分の間にあるフリー磁性層の磁化の方向も同じ方向となり、更に、積層縦バイアス層として第2の非磁性膜を介して第1の強磁性膜と第2の強磁性膜と対向させることによって、端面磁荷による漏れ磁界をお互いに打ち消し合うことになり、且つ、強磁性膜の端面における反磁界による磁化の方向がY方向に傾くのを防ぎ、強磁性膜の磁化も端部まで揃うことになり、外部磁界に対して高感度な、安定したものとなり、優れた再生性能の実現を図った薄膜磁気ヘッドを作製することができるという作用を有している。

【0024】また、本発明の請求項37に記載の発明は、磁気抵抗効果素子の最上部にあるフリー磁性層の上面を覆うように、非磁性層膜、強磁性層膜及び反強磁性層膜が順次積層成膜された後、且つ、非磁性層膜の一部或いはフリー磁性層の一部が露出するように、少なくと

も積層された強磁性層膜及び反強磁性層膜の一部を削除して、左右一對の積層縦バイアス層を形成する前に、積層成膜された強磁性層膜及び磁気抵抗効果素子を構成する固定磁性層の夫々の磁化の方向が、夫々の所定の方向になるように積層成膜された反強磁性層膜及び磁気抵抗効果素子の反強磁性層に熱処理を加えることを特徴としたものであり、また、本発明の請求項38に記載の発明は、磁気抵抗効果素子の最上部にあるフリー磁性層の上面を覆うように、第1の非磁性層膜、第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜及び反強磁性層膜が順次積層成膜された後、且つ、第1の非磁性層膜の一部或いはフリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層された第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜及び反強磁性層膜の一部を削除して、左右一對の積層縦バイアス層を形成する前に、積層成膜された第1の強磁性層膜、第2の強磁性層膜及び磁気抵抗効果素子を構成する固定磁性層の夫々の磁化の方向が、夫々の所定の方向になるように積層成膜された反強磁性層膜及び磁気抵抗効果素子の反強磁性層に熱処理を加えることを特徴としたものであり、また、本発明の請求項39に記載の発明は、磁気抵抗効果素子の最上部にあるフリー磁性層の上面を覆うように、非磁性層膜、強磁性層膜、反強磁性層膜及び電極リード層膜が順次積層成膜された後、且つ、非磁性層膜の一部或いはフリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層された強磁性層膜、反強磁性層膜及び電極リード層膜の一部を削除して、夫々左右一對の積層縦バイアス層及び電極リード層を形成する前に、積層成膜された強磁性層膜及び磁気抵抗効果素子を構成する固定磁性層の夫々の磁化の方向が、夫々の所定の方向になるように積層成膜された反強磁性層膜及び磁気抵抗効果素子の前記反強磁性層に熱処理を加えることを特徴としたものであり、また、本発明の請求項40に記載の発明は、磁気抵抗効果素子の最上部にあるフリー磁性層の上面を覆うように、第1の非磁性層膜、第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜、反強磁性層膜及び電極リード層膜が順次積層成膜された後、且つ、第1の非磁性層膜の一部或いはフリー磁性層の一部が露出するように、少なくとも積層された第1の強磁性層膜、第2の非磁性層膜、第2の強磁性層膜、反強磁性層膜及び電極リード層膜の一部を削除して、夫々左右一對の積層縦バイアス層及び電極リード層を形成する前に、積層成膜された第1の強磁性層膜、第2の強磁性層膜及び磁気抵抗効果素子を構成する固定磁性層の夫々の磁化の方向が、夫々の所定の方向になるように積層成膜された反強磁性層膜及び磁気抵抗効果素子の反強磁性層に熱処理を加えることを特徴としたものであり、また、本発明の請求項41に記載の発明は、左右一對の電極リード層及び磁気抵抗効果素子の最上部にあるフリー磁性層或いは非磁性層膜の露出した上面に、キャップ層が成膜された後、且つ、成膜されたキ

ャップ層、左右一対の電極リード層、左右一対の積層縦バイアス層及び磁気抵抗効果素子が所定の形状にパターンニングされて削り取られて、上部ギャップ絶縁層が形成される前に、積層縦バイアス層を構成する強磁性膜及び磁気抵抗効果素子を構成する固定磁性層の夫々の磁化の方向が、夫々の所定の方向になるように積層縦バイアス層を構成する反強磁性層膜及び磁気抵抗効果素子の反強磁性層に熱処理を加えることを特徴としたものであり、磁気抵抗効果素子を構成する固定磁性層及び積層縦バイアス層の強磁性膜と強い交換結合磁界によって結合されたフリー磁性層の夫々の磁化の方向が所定の方向になるように設定するための夫々の熱処理が効率良く連続して実施することができ、また、エッチング或いはパターンニング等の方法によって所定の形状に形成された積層縦バイアス層の強磁性膜の端面における磁化も同じ方向に整列して揃うことになり、非磁性膜を介して対向したフリー磁性層と安定した交換結合磁界で結合させることができるという作用を有している。

【0025】以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

【0026】（実施の形態1）図1は、本発明の実施の形態1を示す説明概要図であり、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面側から見た磁気抵抗効果素子近傍を模式的に示した図である。

【0027】図1（a）において、パーマロイ、Co系アモルファス磁性膜或いはFe系微粒子磁性膜等の軟磁性材料を素材とする下部シールド層（図示せず）の上に形成された $Al_2O_3$ 、 $AlN$ 或いは $SiO_2$ 等の非磁性絶縁材料を用いた下部ギャップ絶縁層（図示せず）の上に、 $IrMn$ 、 $\alpha Fe_2O_3$ 、 $FeMn$ 系合金膜、 $PtMn$ 系合金膜等の材料である反強磁性層1、 $NiFe$ 系合金膜、 $Co$ 、 $CoFe$ 合金膜等を材料とする固定磁性層2、 $Cu$ 等を材料とする非磁性導電層3及び固定磁性層2と同様の強磁性材料を材料とするフリー磁性層4で構成された磁気抵抗効果素子5（MR素子或いはGMR素子。以下、GMR素子と言う）が構成されている。更に、GMR素子5を構成するフリー磁性層4の上面に、夫々左右一対の $Ru$ 等の非磁性材料を用いた非磁性膜6、その上にGMR素子5を構成するフリー磁性層4と同じような材料を用いた強磁性膜7及びGMR素子5を構成する反強磁性層1と同じような材料を用いた反強磁性材料（場合によっては、酸化金属は用いない方がよい）を用いた反強磁性膜8とからなる左右一対の積層縦バイアス層9が構成されている。強磁性膜7の磁化の方向は反強磁性膜8との交換結合磁界によって、一定の方向に揃えられ、安定した状態に保たれる。従って、非磁性膜6を介して強磁性膜7に対向するフリー磁性層4の磁化の方向は、介在する非磁性膜6の膜厚に対応して同

じ方向或いは逆の方向に非常に安定した状態を保つことになる。更に、それらの上に、従来例と同様に、 $Cu$ 、 $Cr$ 或いは $Ta$ 等の材料を用いた左右一対の電極リード層10があり、その上に、図示していないが、全体を覆うように下部ギャップ絶縁層と同様の絶縁材料を用いて上部ギャップ絶縁層が形成され、更に、その上に、下部シールド層と同様の軟磁性材料を用いて上部シールド層が形成されて、再生ヘッド用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドが構成される。

【0028】尚、左右一対の電極リード層10及びフリー磁性層4の露出した部分の上面を覆うように $Ta$ 等を材料としてキャップ層を形成して酸化を防ぐようにしても良いということはあるまでもない。

【0029】GMR素子5を構成する固定磁性層2の磁化の方向が磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面と直行する方向Y（図1の紙面に垂直な方向）になるように、Y方向に磁場が与えられて、所定の温度及び時間で熱処理（アニール）され、反強磁性層1との交換結合磁界により、固定磁性層2の磁化の方向はY方向に固定される。一方、積層縦バイアス層9を構成する左右一対の強磁性膜7の磁化の方向を固定磁性層2の磁化の方向に略直行した方向（図1において、X或いは-X方向）になるようにする。強磁性膜7の磁化の方向を設定するための磁場の強さ、熱処理温度或いは処理時間の条件の内、少なくとも1つの条件が、固定磁性層2の磁化の方向の設定条件と異なる条件で磁化の方向が設定できるような反強磁性膜8の材料を選定して用いることが必要である。

【0030】更に、強磁性膜7と強い交換結合磁界を発生して、強磁性膜7の磁化の方向とは逆方向の磁化の方向がフリー磁性層4に与えられるように、左右一対の積層縦バイアス層9を構成する左右一対の非磁性膜6の膜厚の厚さを設定して、フリー磁性層4の磁化の方向（例えば、X方向の場合）を強磁性膜7の磁化の方向と逆方向の磁化の方向（-X方向）にする。非磁性膜6の膜厚が小さければ、フリー磁性層4の磁化の方向は強磁性膜7の磁化の方向と同じ方向のままであり、他方、非磁性膜6の膜厚が大きすぎるとフリー磁性層4の磁化の方向は再び元の方向即ち強磁性膜7の磁化の方向と同じ方向になるというように、膜厚によって磁化の方向が同じ方向或いは逆の方向と周期的に変化し、磁界の強さも徐々に減衰してゆく。従って、非磁性膜6の膜厚は適切な範囲に設定する必要がある。検討結果によれば、非磁性膜6の膜厚は、用いる非磁性材料により異なり、表1の如き結果を得た。

【0031】

【表1】

使用する非磁性材料	磁化の方向を反対の向きにする膜厚
Ru	0.4~0.8nm
Cu	0.9nm近傍、2.0nm近傍
Ag, Au	2~3nm
Ir	1.3nm近傍

【0032】また、図1(b)に示すように、前述の実施の形態1における左右一對の積層縦バイアス層9の間にあり、磁気抵抗効果素子5の最上部にあるフリー磁性層4の上面に接しているTa等の非磁性材料を用いてキャップ層11が形成されていても良い。

【0033】以上のように本実施の形態1によれば、フリー磁性層に磁化の方向を与える縦バイアス層として、夫々左右一對の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜を積層した積層縦バイアス層とした構成として、強磁性膜と反強磁性膜とを積層し、反強磁性膜との交換結合磁界によって、強磁性膜の磁化の方向が一定の方向(例えば、-X方向)に揃えられ、且つ、適当な膜厚で形成された非磁性膜を介して強磁性膜に対向するフリー磁性層を構成することによって、フリー磁性層に直接反強磁性材料を積層させた場合と比較してフリー磁性層の磁化の方向(例えば、X方向)がより強く固定され、一方で、左右一對の強磁性膜に対向している左右のフリー磁性層の間にあるGMR素子を構成するフリー磁性層の部分も、安定してX方向に向き易くなり、非常に安定なものとなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、再生感度が高く、再生性能を安定化させることができる。

【0034】(実施の形態2) 図2は、本発明の実施の形態2を示す説明概要図であり、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面側から見た磁気抵抗効果素子近傍の模式図である。

【0035】図2(a)において、前述の実施の形態1と同様に、下部シールド層(図示せず)の上に成膜された下部ギャップ絶縁層(図示せず)の上に反強磁性層1、固定磁性層2、非磁性導電層3及びフリー磁性層4が順次積層成膜されてGMR素子5が形成されている。更に、その上に、前述の実施の形態1と同様の材料を用いて、夫々左右一對の第1の非磁性膜2001、第1の強磁性膜2002、第2の非磁性膜2003、第2の強磁性膜2004及び反強磁性膜2005が順次積層成膜されて左右一對の積層縦バイアス層21が形成されている。尚、第1の非磁性膜2001及び第2の非磁性膜2003の膜厚によって、それらに隣接する第1の強磁性膜2002とフリー磁性層4、第1の強磁性膜2002と第2の強磁性膜2004との磁化の方向は同じ方向になったり、逆の方向になったりするのは実施の形態1と同じである。また、実施の形態1と同様に、左右一對の積層縦バイアス層21の上には左右一對の電極リード層22が形成され、電極リード層22及び露出したGMR素子5の上に上部ギャップ絶縁層(図示せず)が成膜さ

れ、更に、その上に、上部シールド層(図示せず)が形成され、再生ヘッド用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドが形成されている。

【0036】また、図2(b)に示すように、前述の実施の形態2における夫々左右一對の第1の非磁性膜2001、第1の強磁性膜2002、第2の非磁性膜2003、第2の強磁性膜2004及び反強磁性膜2005からなる左右一對の積層縦バイアス層21の間にあり、且つ、磁気抵抗効果素子5を構成するフリー磁性層4の上面に接するようにキャップ層23が形成されていても良い。

【0037】以上のように本実施の形態2によれば、前述の実施の形態1と同じような効果があり、第2の強磁性膜の上に反強磁性膜を成膜形成することによって、第2の強磁性膜と反強磁性膜との間の交換結合磁界により、第2の強磁性膜の磁化の方向が一定の方向に揃えられ、且つ、適当な膜厚を有する左右一對の第2の非磁性膜を介して左右一對の第2の強磁性膜に対向する第1の強磁性膜の磁化の方向が第2の強磁性膜の磁化の方向と逆方向に揃えられ、更に、適当な膜厚で形成された第1の非磁性膜を介して第1の強磁性膜に対向させてフリー磁性層を構成することによって、フリー磁性層に直接反強磁性材料を積層させた場合と比較してフリー磁性層の磁化の方向(例えば、X方向)がより強く固定され、左右一對の第1の強磁性膜に対向している部分のフリー磁性層の磁化の方向は非常に安定したものとなり、左右一對の第1の強磁性膜に対向しているフリー磁性層の部分の間にあるフリー磁性層の部分の磁化の方向も安定して同じ方向に向き易くなり、更に、積層縦バイアス層として第2の非磁性膜を介して第1の強磁性膜と第2の強磁性膜と対向させ、お互いの磁化の方向が逆の方向になるように第2の非磁性膜の膜厚にすることによって、第1の強磁性膜と第2の強磁性膜が端面磁荷による漏れ磁界をお互いに打ち消し合うことになり、且つ、強磁性膜の端面における反磁界による磁化の方向がY方向に傾くのを防ぎ、強磁性膜の磁化も端部まで揃うことになり、外部磁界に対して高感度な、安定したものとなり、再生性能をより一層安定にすることができる。

【0038】尚、前述の実施の形態1及び2において、固定磁性層及びフリー磁性層は、夫々単一の材料で形成されているように記述されているが、図2(c)に示すように、固定磁性層を第1の固定磁性層膜2006、第1の非磁性層膜2007、第2の固定磁性層膜2008からなる積層固定磁性層24であっても良い。この時、

固定磁性層膜の間に介在する非磁性層膜の膜厚によって、その非磁性層膜を介して対向する固定磁性層膜の磁化の方向が夫々同じ方向になったり、逆方向になったりするが、逆の方向になるように非磁性層膜の膜厚を設定しなければならない。また、図 2 (d) に示すように、フリー磁性層も第 1 のフリー磁性層膜 2011、第 2 のフリー磁性層膜 2012……第 n のフリー磁性層膜 2013 からなり、互いに隣り合うフリー磁性層膜は異種の軟磁性材料を用いた積層フリー磁性層 25 であっても良い。

【0039】(実施の形態 3) 図 3～図 11 は、本発明の実施の形態 3 を示す概略説明図であり、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造工程を説明するための工程概要説明図で、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面の近傍におけるヘッド摺動面と平行な面で切断した断面図である。以下、図面を用いて再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を各工程順に説明する。

【0040】図 3 に示すように、AlTiC 等を材料とした基板 30 の上に成膜され、パーマロイ、Co 系アモルファス磁性膜或いは Fe 系微粒子磁性膜等の軟磁性材料を素材とする下部シールド層 31 の上に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN 或いは SiO<sub>2</sub> 等の非磁性絶縁材料を用いて下部ギャップ絶縁層 32 を成膜する。

【0041】第 1 の工程として、図 4 (a) に示すように、下部ギャップ絶縁層 32 の上に、IrMn 系、αFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、NiO、FeMn 系合金膜、NiMn 系合金膜或いは PtMn 系合金膜等の材料を用いて反強磁性層 41 を成膜し、更に、図 4 (b) に示すように、その上に、NiFe 系合金膜、Co 或いは CoFe 合金膜等を材料として固定磁性層 42 を成膜する。次に、図 4

(c) に示すように、固定磁性層 42 の上に、Cu 等を材料とする非磁性導電層 43 を成膜する。更に、図 4

(d) に示すように、非磁性導電層 43 の上に、固定磁性層 42 と同様の材料を用いてフリー磁性層 44 を成膜し、反強磁性層 41、固定磁性層 42、非磁性導電層 43 及びフリー磁性層 44 が薄膜で順次積層成膜された GMR 素子 45 を形成する。

【0042】第 2 の工程として、図 5 (a) に示すように、GMR 素子 45 の上に、葎型のレジスト 51 を形成して、GMR 素子 45 を構成するフリー磁性層 44 の上に、Ru 等の非磁性材料を用いて左右一対の非磁性膜 52 を成膜する。尚、この時の非磁性膜 52 の膜厚は、後工程で成膜され、磁化される強磁性膜との交換結合磁界によりフリー磁性層 44 の磁化の方向が強磁性膜の磁化の方向と逆方向となるような左右一対の非磁性膜 52 の膜厚で成膜する。更に、その上に、GMR 素子 45 を構成するフリー磁性層 44 と同様の材料を用いて左右一対の強磁性膜 53 を成膜する。更に、その上に、GMR 素子 45 の反強磁性層 41 と同様の材料 (但し、場合によっては酸化金属膜を用いない方が良い) を用いて左右一

対の反強磁性膜 54 を成膜形成し、夫々左右一対の非磁性膜 52、強磁性膜 53 及び反強磁性膜 54 で構成される左右一対の積層縦バイアス層 55 を形成する。尚、この時、用いられる反強磁性膜 54 の材料は、GMR 素子 45 を構成する固定磁性層 42 に磁化の方向付けをする反強磁性層 41 の熱処理条件 (磁場の強さ或いは熱処理温度或いは熱処理時間) のうちの少なくともいずれか 1 つの条件が異なる材料に設定する必要がある。

【0043】第 3 の工程として、図 5 (b) に示すように、左右一対の反強磁性膜 54 の上に、Cu、Cr 或いは Ta 等の非磁性材料を用いて左右一対の電極リード層 56 を成膜する。

【0044】第 4 の工程として、図 6 (a) に示すように、左右一対の電極リード層 56 及び GMR 素子 45 の露出した部分の上に、GMR 素子 45 の露出した部分にあたるフリー磁性層 44 の酸化を防止し、耐食性を向上させるために、Ta 等の材料でキャップ層 61 を成膜する。

【0045】次に、図 6 (b) に示すように、それらの上に、下部ギャップ絶縁層 32 と同様の絶縁材料を用いて上部ギャップ絶縁層 62 を成膜し、更に、図 6 (c) に示すように、上部ギャップ絶縁層 62 の上に、下部シールド層 31 と同じような軟磁性材料を用いて上部シールド層 63 を成膜形成して、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド 64 を形成する。

【0046】尚、GMR 素子を構成する固定磁性層或いは積層縦バイアス層を構成する強磁性膜の夫々の磁化の方向を設定する熱処理 (アニール処理) は、左右一対の電極リード層 56 が形成され、その上を覆うようにキャップ層 61 を成膜した後、GMR 素子 45、左右一対の積層縦バイアス層 55、左右一対の電極リード層 56 及びキャップ層 61 を所定の形状にパターンニングして削り取られる前の段階で実施するのが好ましい。即ち、第 4 の工程終了後、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面と直行する Y 方向 (図 6 (a) の紙面に垂直な方向) に磁場を加えて、所定の温度で、所定時間でアニール (熱処理) して、固定磁性層 42 の磁化の方向を反強磁性層 41 との交換結合磁界により Y 方向に固定する。また、固定磁性層 42 の磁化の方向 (Y 方向) に直交する方向 (例えば、-X 方向) に磁場を加え、固定磁性層 42 の磁化の方向を設定する熱処理条件と異なる条件で熱処理 (アニール) を行い、固定磁性層 42 の磁化の方向に影響を与えることなく、強磁性膜 53 の磁化の方向を固定磁性層 42 の磁化の方向に直交させ、強磁性膜 53 との交換結合磁界によりフリー磁性層 44 の磁化の方向を強磁性膜 53 の磁化の方向と逆方向 (X 方向) となるようにする。また、固定磁性層或いは積層縦バイアス層の強磁性膜の夫々の磁化の方向を設定する熱処理 (アニール処理) の順序は、固定磁性層或いは強磁性膜のいずれの磁性膜を先に処理しても良い。



【0047】尚、前述の第1の工程において、図2

(c)に示すように、固定磁性層を第1の固定磁性層膜2006、第1の非磁性層膜2007、第2の固定磁性層膜2008を順次積層成膜して、非磁性層膜を介して複数層の固定磁性層膜を積層した積層固定磁性層24を形成しても良い。また、図2(d)に示すように、フリー磁性層も第1のフリー磁性層膜2011、第2のフリー磁性層膜2012、……、第nのフリー磁性層膜2013というように、互いに隣り合うフリー磁性層は異種の材料を用いて積層成膜し、積層フリー磁性層25を形成しても良いということも言うまでもない。

【0048】また、前述の第2の工程として、茸型のレジスト51を形成した後、GMR素子45の最上部に成膜されたフリー磁性層44の上面をAr等によるプリスパッタ或いはECR等の方法によってクリーニングし、フリー磁性層44の表面の酸化膜、レジストの残さ、異物或いは汚れ等を取り除いた後、GMR素子45のフリー磁性層44の上に左右一対の非磁性膜52を成膜する。次に、その上に、左右一対の強磁性膜53を成膜し、更に、左右一対の強磁性膜53の上に左右一対の反強磁性膜54を成膜形成し、夫々左右一対の非磁性膜52、強磁性膜53及び反強磁性膜54で構成される左右一対の積層縦バイアス層55を形成することによって、積層縦バイアス層とフリー磁性層との間に異物をなくし、交換結合磁界の低下を抑止することができ、強い交換結合磁界を維持することができる。

【0049】また、第2の工程として、図7(a)に示すように、GMR素子45を構成するフリー磁性層44の上面を覆うように、Ru等の非磁性材料を用いて非磁性層膜701を前述の非磁性膜の膜厚の条件を満たした膜厚で成膜し、次に、非磁性層膜701の上面にGMR素子45を構成するフリー磁性層44と同様の材料を用いて強磁性層膜702を成膜する。更に、強磁性層膜702の上面に、GMR素子45の反強磁性層41と同様の材料(但し、場合によっては酸化金属膜は用いない方がよい)を用いて反強磁性層膜703を積層成膜する。次に、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により、図7(b)に示すように、積層された非磁性層膜701、強磁性層膜702及び反強磁性層膜703がGMR素子45を構成するフリー磁性層44の上面が露出するように削除され、夫々左右一対の非磁性膜71、強磁性膜72及び反強磁性膜73を形成し、夫々左右一対の非磁性膜71、強磁性膜72及び反強磁性膜73で構成される左右一対の積層縦バイアス層74を形成する。尚、ドライエッチング等の方法により、少なくとも強磁性層膜702及び反強磁性層膜703が削除され、非磁性層膜701が露出するようにされても良い。この場合の固定磁性層及び積層縦バイアス層を構成する強磁性膜との交換結合磁界によるフリー磁性層に磁化の方向を設定するための熱処理は、非磁性層膜701、強

磁性層膜702及び反強磁性層膜703を順次積層成膜した後で、且つ、ドライエッチング等の方法により非磁性層膜701或いはフリー磁性層44の上面が露出するように削除される前に行うのが望ましい。次に、第3の工程として、図7(c)に示すように、左右一対の反強磁性膜73及びGMR素子45の露出した部分の上に全体を覆うように電極リード層膜705を成膜し、その後、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により電極リード層膜705を削除して、電極リード層75を形成しても良い。また、図7(d)に示すように、茸型レジスト(図示せず)を形成して、電極リード層76を成膜形成しても良い。その他の工程は、前述の工程と同じ工程を用いて再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することもできる。

【0050】また、第2の工程として、図8に示すように、GMR素子45を構成するフリー磁性層44の上面を覆うように、Ru等の非磁性材料を用いて非磁性膜81を前述の非磁性膜の膜厚の条件を満たした膜厚で成膜した後、茸型レジスト82を形成して、夫々左右一対の強磁性膜83及び反強磁性膜84を順次成膜形成して、非磁性膜81、左右一対の強磁性膜83及び左右一対の反強磁性膜84からなる左右一対の積層縦バイアス層85を形成しても良い。

【0051】また、前述の第2の工程において茸型レジストを用いて左右一対の反強磁性膜54が形成された後、第3の工程として、図9(a)に示すように、その茸型レジストを削除して、左右一対の反強磁性膜54及びGMR素子45の露出した部分の上に全体を覆うように電極リード層膜91を成膜し、その後、図9(b)に示すように、GMR素子45の一部が露出するように、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により電極リード層膜91の一部を削除して、左右一対の電極リード層92を形成しても良い。また、図9(c)に示すように、上述の第2の工程の他の例でGMR素子45を構成するフリー磁性層44の上面を覆うように成膜された非磁性膜93の上面に成膜された夫々左右一対の反強磁性膜94及び非磁性膜93の露出した部分を覆うように電極リード層膜95を成膜し、その後、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により、非磁性膜93或いはGMR素子45の一部が露出するように電極リード層膜95の一部を削除して、左右一対の電極リード層96を形成しても良い。

【0052】また、図10(a)に示すように、第3の工程として、第2の工程で形成した茸型レジストを取り除いた後、別の茸型レジストを形成して、左右一対の反強磁性膜54及びGMR素子45の露出した部分の一部を覆うようにして左右一対の電極リード層101を形成しても良い。また、図10(b)に示すように、第2の工程で形成した茸型レジストを取り除いた後、別の茸型レジストを形成して、左右一対の反強磁性膜103及び

GMR素子45の上に成膜された非磁性膜102の露出した部分の一部を覆うようにして左右一対の電極リード層104を形成しても良い。尚、図10(c)に示すように、第3の工程として、第2の工程で形成した茸型レジストを取り除いた後、反強磁性層54及び露出したGMR素子45の上を覆うように、Ta等を材料とするキャップ層105を成膜し、GMR素子45の上にあるキャップ層の上面の一部に別の茸型レジスト(図示せず)を形成して左右一対の電極リード層106を形成しても良い。また、図8におけるように、GMR素子45の上に非磁性膜81が成膜された後、茸型レジスト82を形成して、夫々左右一対の強磁性膜83及び反強磁性膜84が形成された場合にも、図示しないが、前述と同様に、反強磁性膜及び非磁性膜の露出した部分を覆うようにキャップ層を成膜して、その上に別の茸型レジストを形成して左右一対の電極リード層を形成しても良い。

【0053】また、前述の第2の工程及び第3の工程において、第2の工程として、図7(a)に示すように、GMR素子45を構成するフリー磁性層44の上面を覆うように、非磁性層膜701、強磁性層膜702及び反強磁性層膜703を順次積層成膜し、第3の工程として、図11(a)に示すように、更にその上に電極リード層膜1101を成膜した後、図11(b)に示すように、非磁性層膜701或いはフリー磁性層44の一部が露出するように、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により、少なくとも電極リード層膜1101、反強磁性層膜703及び強磁性層膜702を削り取って、フリー磁性層44の上に、夫々左右一対の非磁性膜111、強磁性膜112及び反強磁性膜113からなる左右一対の積層縦バイアス層114及び左右一対の電極リード層115を形成しても良い。この場合にも、GMR素子の固定磁性層及びフリー磁性層の夫々に所定の磁化の方向を付加する熱処理(アニール処理)は、非磁性層膜、強磁性層膜、反強磁性層膜および電極リード層膜が積層成膜された後、且つ、ドライエッチング等によって削除される前に実施するのが好ましい。

【0054】以上のように本実施の形態によれば、フリー磁性層に磁化の方向を与える縦バイアス層として、夫々左右一対の非磁性膜、強磁性膜及び反強磁性膜を積層した積層縦バイアス層とした構成として、左右一対の強磁性膜の上に反強磁性膜を積層し、強磁性膜と反強磁性膜との間の交換結合磁界により、強磁性膜の磁化の方向が一定の方向(例えば、-X方向)に揃えられ、また、適当な膜厚で形成された左右一対の非磁性膜を介して、-X方向に磁化された左右一対の強磁性膜に対向しているフリー磁性層が、その対向している部分において、反強磁性膜と直接接したフリー磁性層の場合よりも、より一層強い強磁性膜との交換結合磁界によりフリー磁性層は磁化の方向(X方向)を強く保持し、一方で、左右一対の強磁性膜に対向している左右のフリー磁性層の間に

あるGMR素子を構成するフリー磁性層の部分も、安定してX方向に向き易くなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、非常に安定した再生性能を有する再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。

【0055】(実施の形態4)図12~図19は、本発明の実施の形態4を示す概要説明図であり、前述の実施の形態3と同様に、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面の近傍におけるヘッド摺動面と平行な面で切断した断面図である。以下、図面を用いて再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を各工程順に説明する。

【0056】前述の実施の形態3と同様に、第1の工程として、図4(a)に示すように、下部ギャップ絶縁層32の上に、反強磁性層41を成膜し、更に、図4(b)に示すように、その上に、固定磁性層42を成膜する。次に、図4(c)に示すように、固定磁性層42の上に、非磁性導電層43を成膜し、更に、図4(d)に示すように、非磁性導電層43の上に、フリー磁性層44を成膜して、反強磁性層41、固定磁性層42、非磁性導電層43及びフリー磁性層44が薄膜で順次積層成膜されたGMR素子45を形成する。

【0057】次に、第2の工程として、図12(a)に示すように、茸型レジスト121を形成して、GMR素子45を構成するフリー磁性層44の上に、左右一対の第1の非磁性膜122を成膜する。尚、この非磁性膜122の膜厚は、前述の実施の形態3と同様である。更に、図12(b)に示すように、その上に、左右一対の第1の強磁性膜123を成膜する。更に、図13(a)に示すように、左右一対の第1の強磁性膜123の上に、第1の非磁性膜122と同様の材料で第2の非磁性膜131を成膜する。更に、その上に、第1の強磁性膜123と同様の材料を用いて第2の強磁性膜132を成膜する。次に、図13(b)に示すように、第2の強磁性膜132の上に、反強磁性膜133を成膜形成し、夫々左右一対の第1の非磁性膜122、第1の強磁性膜123、第2の非磁性膜131、第2の強磁性膜132及び反強磁性膜133で構成される左右一対の積層縦バイアス層134を形成する。

【0058】第3の工程として、図14(a)に示すように、実施の形態3と同様にして、左右一対の反強磁性膜133の上に、Cu、Cr或いはTa等の非磁性材料を用いて左右一対の電極リード層141を成膜する。

【0059】第4の工程として、図14(b)に示すように、左右一対の電極リード層141及びGMR素子45の露出した部分の上に、GMR素子45の露出した部分にあたるフリー磁性層44の酸化を防止し、耐食性を向上させるために、Ta等の材料でキャップ層142を成膜する。

【0060】尚、反強磁性膜133として用いる材料は前述の実施の形態3と同じような条件で選定しなければならない。キャップ層142を形成後、前述の実施の形

態 3 と同じようにして、固定磁性層 4 2 の磁化の方向

(Y 方向) 及びフリー磁性層 4 4 の磁化の方向を固定磁性層 4 2 の磁化の方向 (Y 方向) に直交する方向 (例えば、-X 方向) に設定するために、夫々の方向に磁場を与えて、夫々所定の温度及び所定の時間で熱処理 (アニール) を行い、固定磁性層及び積層縦バイアス層とフリー磁性層に所定の磁化の方向を与える。

【0061】また、第 2 の工程として、茸型レジストを形成した後、GMR 素子 4 5 の最上部に成膜されたフリー磁性層 4 4 の上面を Ar 等によるプリスパッタ或いは ECR 等の方法によってクリーニングし、フリー磁性層 4 4 の表面の酸化膜、レジストの残さ、異物或いは汚れ等を取り除いた後、図 13 (b) に示すように、フリー磁性層 4 4 の上に、左右一對の第 1 の非磁性膜 1 2 2 を成膜し、その上に左右一對の第 1 の強磁性膜 1 2 3 を成膜する。次に、その上に第 2 の非磁性膜 1 3 1 を成膜し、その上に第 2 の強磁性膜 1 3 2 を成膜する。更に、左右一對の反強磁性膜 1 3 3 を成膜形成し、夫々左右一對の第 1 の非磁性膜 1 2 2、第 1 の強磁性膜 1 2 3、第 2 の非磁性膜 1 3 1、第 2 の強磁性膜 1 3 2 及び反強磁性膜 1 3 3 で構成される左右一對の積層縦バイアス層 1 3 4 を形成することにより、左右一對の積層縦バイアス層とフリー磁性層との強い交換結合境界が得られる。

【0062】また、第 2 の工程として、図 15 (a) に示すように、GMR 素子 4 5 を構成するフリー磁性層 4 4 の上面を覆うように、第 1 の非磁性層膜 1 5 0 1、第 1 の強磁性層膜 1 5 0 2、第 2 の非磁性層膜 1 5 0 3、第 2 の強磁性層膜 1 5 0 4 及び反強磁性層膜 1 5 0 5 を順次積層成膜した後、図 15 (b) に示すように、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により、第 1 の非磁性層膜 1 5 0 1 或いは GMR 素子 4 5 を構成するフリー磁性層 4 4 の上面が露出するように、少なくとも積層された第 1 の強磁性層膜 1 5 0 2、第 2 の非磁性層膜 1 5 0 3、第 2 の強磁性層膜 1 5 0 4 及び反強磁性層膜 1 5 0 5 が削除され、夫々左右一對の第 1 の非磁性膜 1 5 1、第 1 の強磁性膜 1 5 2、第 2 の非磁性膜 1 5 3、第 2 の強磁性膜 1 5 4 及び反強磁性膜 1 5 5 を形成し、夫々左右一對の第 1 の非磁性膜 1 5 1、第 1 の強磁性膜 1 5 2、第 2 の非磁性膜 1 5 3、第 2 の強磁性膜 1 5 4 及び反強磁性膜 1 5 5 で構成される左右一對の積層縦バイアス層 1 5 6 を形成しても良い。この場合にも、固定磁性層或いは積層縦バイアス層の強磁性膜の夫々の磁化の方向を設定する熱処理 (アニール処理) は、第 1 の非磁性層膜 1 5 0 1、第 1 の強磁性層膜 1 5 0 2、第 2 の非磁性層膜 1 5 0 3、第 2 の強磁性層膜 1 5 0 4 及び反強磁性層膜 1 5 0 5 を順次積層成膜した後で、且つ、積層された第 1 の非磁性層膜 1 5 0 1、第 1 の強磁性層膜 1 5 0 2、第 2 の非磁性層膜 1 5 0 3、第 2 の強磁性層膜 1 5 0 4 及び反強磁性層膜 1 5 0 5 がドライエッチング等の方法により削除される前に実施する

のが好ましい。

【0063】また、図 16 に示すように、第 2 の工程として、GMR 素子を構成するフリー磁性層 4 4 の上面を覆うように、第 1 の非磁性膜 1 6 1 を成膜した後、茸型レジスト 1 6 2 を形成して、夫々左右一對の第 1 の強磁性膜 1 6 3、第 2 の非磁性膜 1 6 4、第 2 の強磁性膜 1 6 5 及び反強磁性膜 1 6 6 を順次成膜形成して、第 1 の非磁性膜 1 6 1、左右一對の第 1 の強磁性膜 1 6 3、第 2 の非磁性膜 1 6 4、第 2 の強磁性膜 1 6 5 及び左右一對の反強磁性膜 1 6 6 からなる左右一對の積層縦バイアス層 1 6 7 を形成しても良い。

【0064】また、前述の実施の形態 3 における他の一例と同様にして、第 3 の工程として、図 17 (a) に示すように、茸型レジストを削除して、左右一對の反強磁性膜 1 3 3 及び GMR 素子を構成するフリー磁性層 4 4 の露出した部分の上に全体を覆うように電極リード層膜 1 7 1 を成膜し、その後、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により、電極リード層膜 1 7 1 の一部を削除してフリー磁性層 4 4 の一部の上面が露出するようにし、左右一對の電極リード層 1 7 2 を形成しても良い。また、図 17 (b) に示すように、他の例における第 2 の工程で GMR 素子 4 5 を構成するフリー磁性層 4 4 の上面を覆うように成膜された第 1 の非磁性膜 1 6 1 の露出した部分の上面及び反強磁性膜 1 6 6 の上を覆うように、電極リード層膜 1 7 3 を成膜し、その後、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により、第 1 の非磁性膜 1 6 1 或いはフリー磁性層 4 4 の一部が露出するように電極リード層膜 1 7 3 の一部を削除して、左右一對の電極リード層 1 7 4 を形成しても良い。

【0065】また、第 3 の工程として、図 18 (a) に示すように、第 2 の工程で形成した茸型レジストを削除し、別の茸型レジスト 1 8 1 を形成して、左右一對の反強磁性膜 1 3 3 及び GMR 素子を構成するフリー磁性層 4 4 の露出した部分の一部を覆うようにして左右一對の電極リード層 1 8 2 を形成しても良い。また、図 18

(b) に示すように、第 2 の工程で形成した茸型レジストを削除し、別の茸型レジスト 1 8 3 を形成して、左右一對の反強磁性膜 1 6 6 及びフリー磁性層 4 4 の上に成膜された第 1 の非磁性膜 1 6 1 の露出した部分の一部を覆うようにして左右一對の電極リード層 1 8 4 を形成しても良い。尚、図示していないが、前述の実施の形態 3 における第 3 の工程の他の例において説明したように、別の茸型レジスト 1 8 1 を形成する前に、左右一對の反強磁性膜 1 3 3 及び GMR 素子を構成するフリー磁性層 4 4 の露出した部分を覆うようにキャップ層を成膜した後、別の茸型レジスト 1 8 1 を形成して、左右一對の電極リード層 1 8 2 を形成しても良い。また、別の茸型レジスト 1 8 3 を形成する前に、左右一對の反強磁性膜 1 6 6 及びフリー磁性層 4 4 の上に成膜された第 1 の非磁

性膜161の露出した部分の上を覆うように、キャップ層を成膜した後、別の茸型レジスト183を形成して、左右一対の電極リード層184を形成しても良い。

【0066】また、前述の第2の工程及び第3の工程において、第2の工程として、図19に示すように、GMR素子を構成するフリー磁性層44の上面を覆うように、第1の非磁性層膜1901、第1の強磁性層膜1902、第2の非磁性層膜1903、第2の強磁性層膜1904及び反強磁性層膜1905を順次積層成膜し、次に、第3の工程として、更にその上に電極リード層膜1906を成膜した後、フリー磁性層44の一部が露出するように、フォトレジストを塗布してドライエッチング等の方法により、電極リード層膜1906、反強磁性層膜1905、第2の強磁性層膜1904、第2の非磁性膜1903、第1の強磁性膜1902及び第1の非磁性層膜1901を削り取って、フリー磁性層44の上に、夫々左右一対の第1の非磁性膜191、第1の強磁性膜192、第2の非磁性膜193、第2の強磁性膜194及び反強磁性膜195からなる左右一対の積層縦バイアス層196及び左右一対の電極リード層197を形成しても良い。尚、この時、第1の非磁性層膜1901が露出するように、ドライエッチング等の方法により削り取っても良い。この場合にも、固定磁性層或いは積層縦バイアス層の強磁性膜の夫々の磁化の方向を設定する熱処理（アニール処理）は、第1の非磁性層膜1901、第1の強磁性層膜1902、第2の非磁性層膜1903、第2の強磁性層膜1904、反強磁性層膜1905及び電極リード層膜を順次積層成膜した後で、且つ、フォトレジストを塗布してドライエッチング等の方法によりフリー磁性層44の一部が露出するように削除される前に  
30 行うのが好ましい。

【0067】以上のように本実施の形態によれば、前述の実施の形態3と同様の効果が得られると同時に、積層縦バイアス層の第2の非磁性膜の膜厚を適当に選び、第1の強磁性膜と第2の強磁性膜の磁化の方向を互いに逆向きの方向にすることによって、強磁性膜の端面磁荷による漏れ磁界を第1の強磁性膜と第2の強磁性膜で互いに打ち消し合うことになり、且つ、強磁性膜の端面における反磁界による磁化の方向がY方向に傾くのを防ぎ、強磁性膜の磁化も端部まで揃うことになり、フリー磁性層の磁化の方向がより安定したものとなり、より層安定した再生性能を有する再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。

【0068】（実施の形態5）図20～図22は、本発明の実施の形態5を示す概略説明図であり、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造工程を説明するための工程概要説明図であり、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面の近傍におけるヘッド摺動面と平行な面で切断した断面図である。以下、図面を用いて再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を各工程順に説明する。  
50

【0069】第1の工程として、図20（a）に示すように、反強磁性層201、固定磁性層202、非磁性導電層203及びフリー磁性層204が積層成膜されて形成されたGMR素子205の上に、Ta等の材料を用いてフリー磁性層204の酸化防止のためのキャップ層206を成膜する。

【0070】次に、第2の工程として、図20（b）に示すように、茸型のレジスト207を形成して、GMR素子205のフリー磁性層204の両側部の一部が露出するように、キャップ層206の一部を削除し、その上に、夫々左右一対の非磁性膜2051、強磁性膜2052及び反強磁性膜2053を順次積層成膜して、左右一対の積層縦バイアス層208を形成する。

【0071】第3の工程として、図20（c）に示すように、左右一対の反強磁性膜2053の上に、Cu、Cr或いはTa等の非磁性材料を用いて左右一対の電極リード層209を成膜する。この様にして、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。

【0072】また、前述の第2の工程において、図21に示すように、茸型レジスト210を形成して、GMR素子のフリー磁性層204の両側部の一部が露出するように、キャップ層206の一部を削除し、その上に、夫々左右一対の第1の非磁性膜211、第1の強磁性膜212、第2の非磁性膜213、第2の強磁性膜214及び反強磁性膜215を形成して、左右一対の積層縦バイアス層216を形成しても良い。

【0073】また、第1の工程において成膜される固定磁性層は、図2（c）に示されるような、非磁性層を介して対向する固定磁性層からなる積層固定磁性層であっても良い。また、同様に、図2（d）に示すように、フリー磁性層も隣り合うフリー磁性層が異種の軟磁性材料を用いた複数層からなる積層フリー磁性層であっても良い。

【0074】また、第3の工程として、図22（a）に示すように、茸型レジストを削除して、左右一対の反強磁性膜2053及びGMR素子を構成するフリー磁性層204の上に形成されたキャップ層206の露出した部分の上に全体を覆うように電極リード層膜221を成膜し、その後、フリー磁性層204の上にあるキャップ層206の一部が露出するように、フォトレジストを塗布してドライエッチング等の方法により電極リード層膜221の一部を削除して、左右一対の電極リード層222を形成しても良い。

【0075】また、図22（b）に示すように、第3の工程として、第2の工程で形成した茸型レジストを取り除いた後、別の茸型レジスト223を形成して、左右一対の反強磁性膜2053及びGMR素子を構成するフリー磁性層204の上に形成されたキャップ層206の露出した部分の一部を覆うようにして左右一対の電極リード層224を形成しても良い。第1の非磁性膜、第1の

強磁性膜、第2の非磁性膜、第2の強磁性膜及び反強磁性膜からなる5層で積層された積層縦バイアス層の場合にも、同じようにして左右一対の電極リード層を形成することができる。

【0076】以上のように本実施の形態によれば、前述の実施の形態3及び実施の形態4と同じような効果が得られ、フリー磁性層の磁化の方向がより安定したものとなり、より一層安定した再生性能を有する再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。

【0077】

【発明の効果】以上のように本発明は、GMR素子を構成するフリー磁性層の上に、非磁性膜と強磁性膜との1回の積層或いは2回の積層と更にその上に成膜された反強磁性膜との3層或いは5層の積層縦バイアス層を形成することによって、積層縦バイアス層の強磁性膜は、その上にある反強磁性層との交換結合磁界によって一定の方向に揃えられた磁化の方向が付加され、且つ、積層縦バイアス層の適当な膜厚を有する非磁性膜を介して対向した強磁性膜とGMR素子のフリー磁性層（3層の場合）或いは適当な膜厚を有する第2の非磁性膜を介して第2の強磁性膜に対向した第1の強磁性膜と適当な膜厚を有する第1の非磁性膜を介して対向したフリー磁性層（5層の場合）との交換結合磁界は、直接反強磁性膜に接したフリー磁性層の場合に比較して、非常に強い結合磁界が得られ、非磁性膜を介して強磁性膜に対向した部分のフリー磁性層は非常に安定した磁化の方向が与えられ、非磁性膜を介して強磁性膜に対向した左右のフリー磁性層の間にあるフリー磁性層部分も、強磁性膜に対向した左右のフリー磁性層の磁化の方向と同じ方向に安定して向き易くなり、ノイズの発生が小さく、再生感度の高い、良好な再生性能を実現することができるという効果があり、特に、高記録密度化された記録信号を再生するための狭再生ヘッドギャップレングスを有する薄膜磁気ヘッドには非常に有効である。また、そのような優れた再生性能の薄膜磁気ヘッドを容易に作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1を示す薄膜磁気ヘッドの正面概略模式図

【図2】本発明の実施の形態2を示す薄膜磁気ヘッドの正面概略模式図

【図3】本発明の実施の形態3における薄膜磁気ヘッドの製造工程の一部を示す正面概略図

【図4】本発明の実施の形態3における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第1の工程を示す正面概略図

【図5】本発明の実施の形態3における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第2の工程及び第3の工程を示す正面概略図

【図6】本発明の実施の形態3における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第4の工程及び他の一部の工程を示す正面

概略図

【図7】本発明の実施の形態3の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第2の工程及び第3の工程を示す正面概略図

【図8】本発明の実施の形態3の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第2の工程を示す正面概略図

【図9】本発明の実施の形態3の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第3の工程を示す正面概略図

【図10】本発明の実施の形態3の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第3の工程を示す正面概略図

【図11】本発明の実施の形態3の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第3の工程を示す正面概略図

【図12】本発明の実施の形態4における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第2の工程の一部を示す正面概略図

【図13】本発明の実施の形態4における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第2の工程の他の一部を示す正面概略図

【図14】本発明の実施の形態4における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第3の工程及び第4の工程を示す正面概略図

【図15】本発明の実施の形態4の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第2の工程を示す正面概略図

【図16】本発明の実施の形態4の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第2の工程を示す正面概略図

【図17】本発明の実施の形態4の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第3の工程を示す正面概略図

【図18】本発明の実施の形態4の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第3の工程を示す正面概略図

【図19】本発明の実施の形態4の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第2の工程を示す正面概略図

【図20】本発明の実施の形態5における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第1の工程、第2の工程及び第3の工程を示す正面概略図

【図21】本発明の実施の形態5の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第2の工程を示す正面概略図

【図22】本発明の実施の形態5の他の例における薄膜磁気ヘッドの製造工程の第3の工程を示す正面概略図

【図23】従来の薄膜磁気ヘッドを示す斜視概略図

【図24】従来の薄膜磁気ヘッドを示す正面概略模式図

【符号の説明】

- 1、41、201、244 反強磁性層
- 2、42、202、245 固定磁性層
- 3、43、203、246 非磁性導電層
- 4、44、204、247 フリー磁性
- 5、45、205、233 磁気抵抗効果素子（GMR素子）
- 6、52、71、81、93、102、111、205 1 非磁性膜
- 7、53、72、83、112、2052 強磁性膜
- 8、54、73、84、94、103、113、133、155、166、195、215、2005、20

## 53 反強磁性膜

9、21、55、74、85、114、134、156、167、197、208、216 積層縦バイアス層

10、22、56、75、76、92、96、101、104、106、115、141、172、174、182、184、209、222、224、235 電極リード層

11、23、61、105、142、206、248 キャップ層

24 積層固定磁性層

25 積層フリー磁性層

30 基板

31、231 下部シールド層

32、232 下部ギャップ絶縁層

51、82、121、162、181、183、207、210、223 茸型レジスト

62、236 上部ギャップ絶縁層

63、237 上部シールド層

64、238 再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド

91、95、171、173、221、705、1101、1906 電極リード層膜

122、151、161、191、211、2001 第1の非磁性膜

123、152、163、192、212、2002

第1の強磁性膜

131、153、164、193、213、2003

第2の非磁性膜

132、154、165、194、214、2004

第2の強磁膜

234 縦バイアス層

240 記録用誘導型薄膜磁気ヘッド

241 記録ギャップ層

10 242 上部磁極

243 巻線コイル

249 再生ヘッドギャップレングス

701 非磁性層膜

702 強磁性層膜

703、1505、1905 反強磁性層膜

1501、1901、2007 第1の非磁性層膜

1502、1902 第1の強磁性層膜

1503、1903 第2の非磁性層膜

1504、1904 第2の強磁性層膜

20 2006 第1の固定磁性層膜

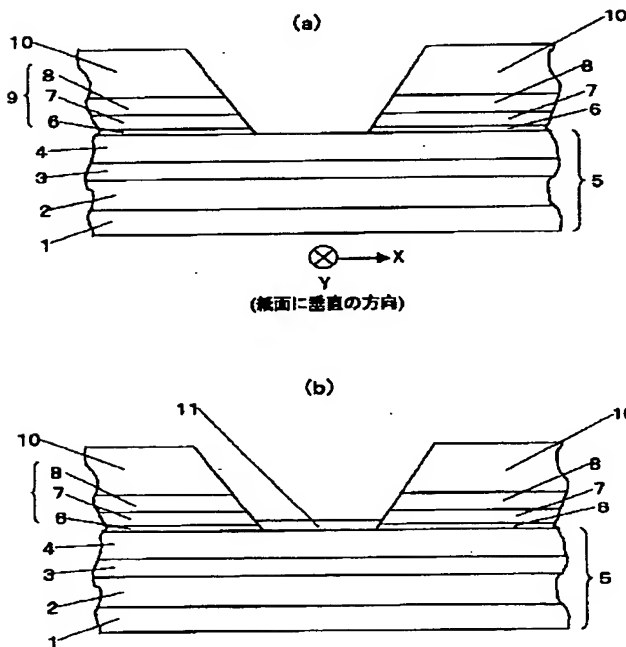
2008 第2の固定磁性層膜

2011 第1のフリー磁性層膜

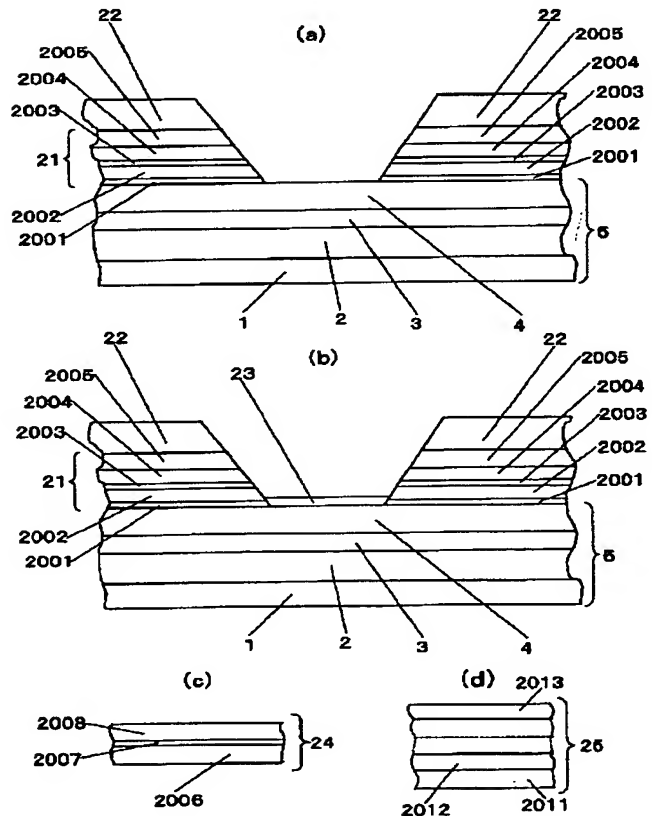
2012 第2のフリー磁性層膜

2013 第nのフリー磁性層膜

【図1】

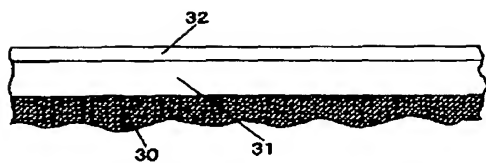


【図2】

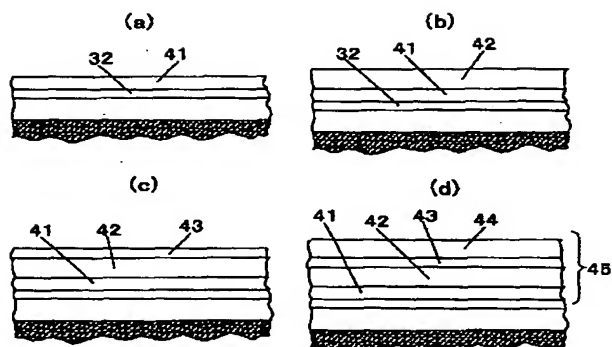




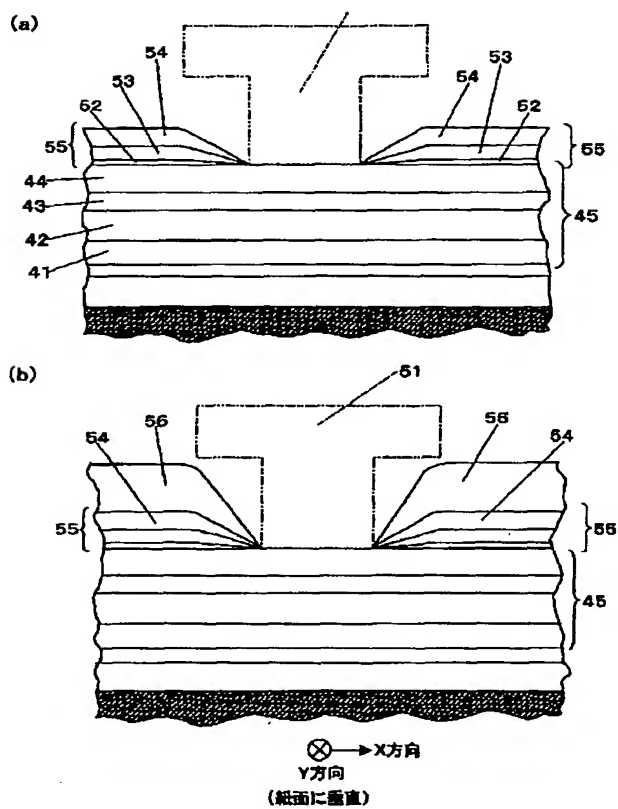
【図3】



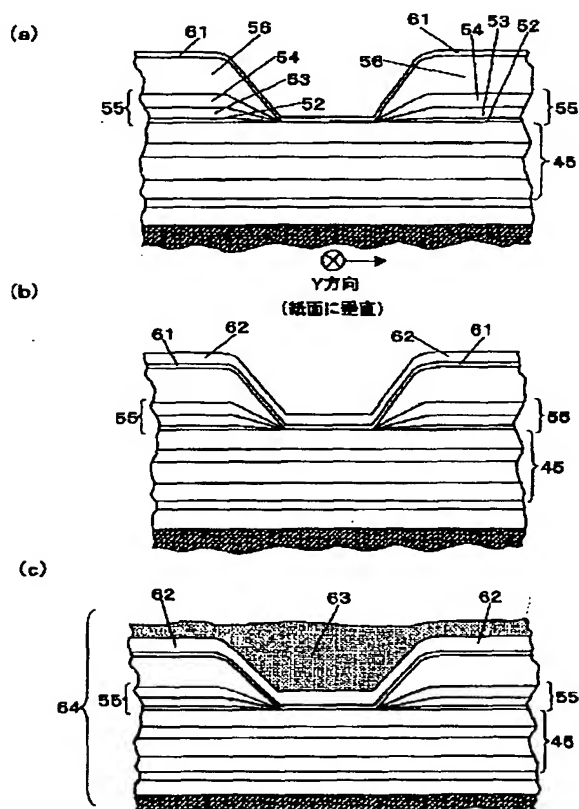
【図4】



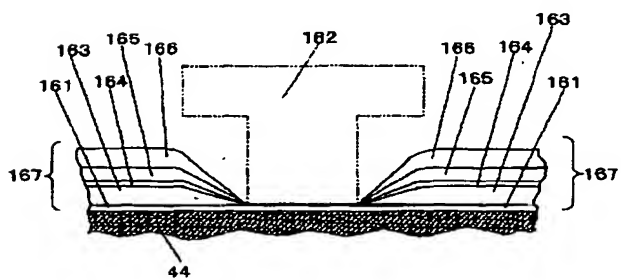
【図5】



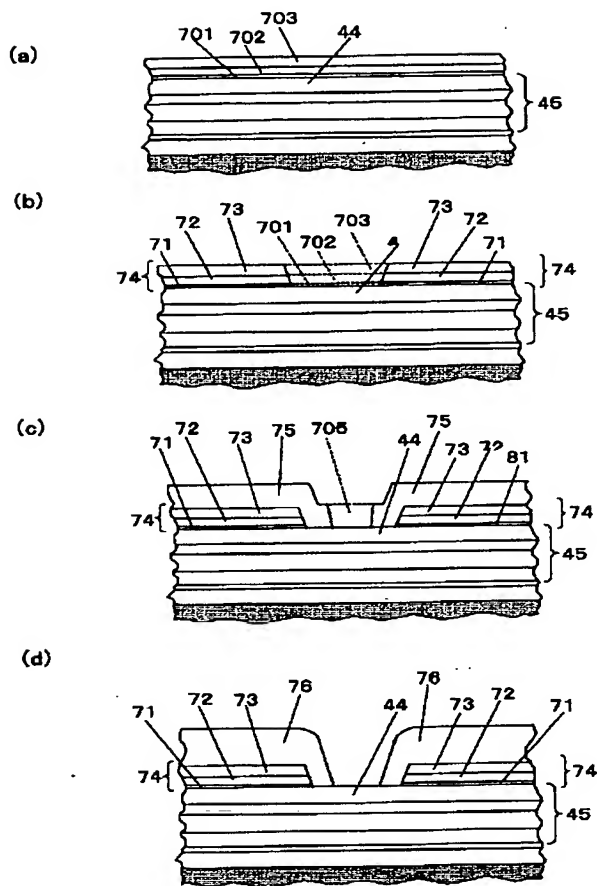
【図6】



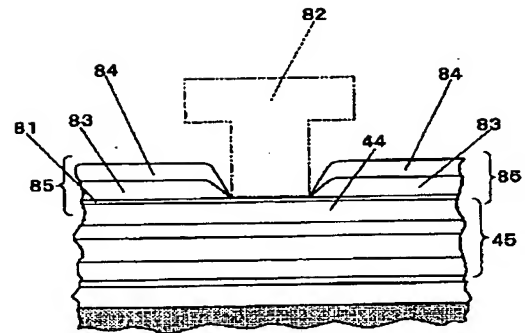
【図16】



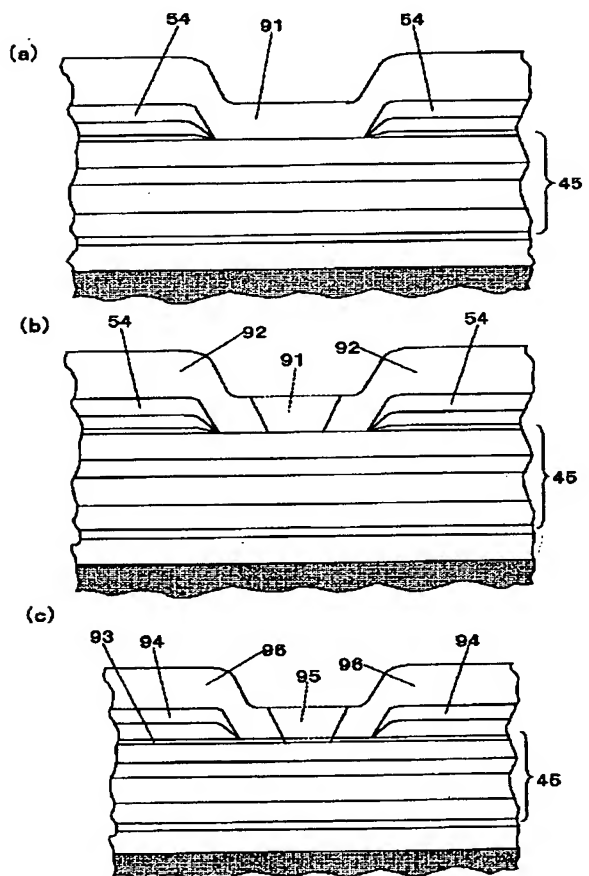
【図7】



【図8】

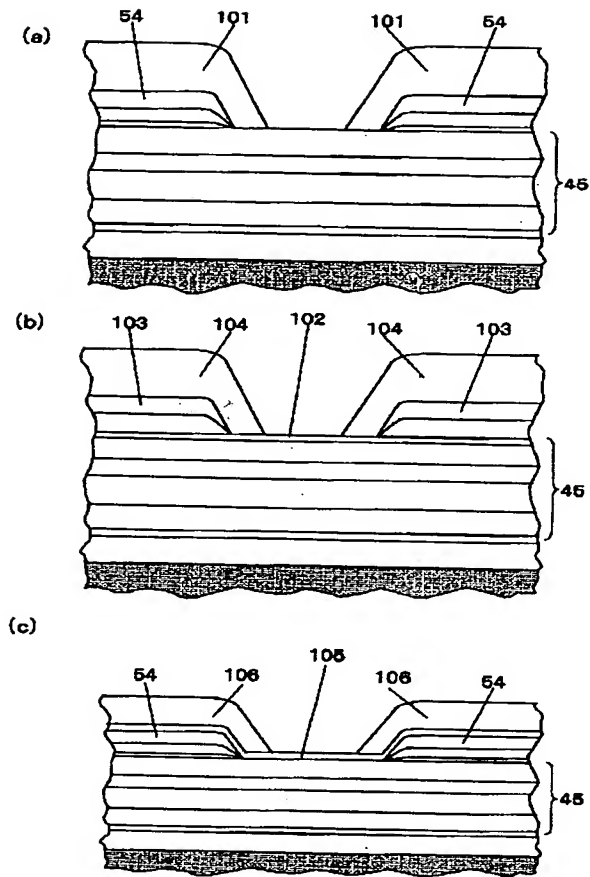


【図9】

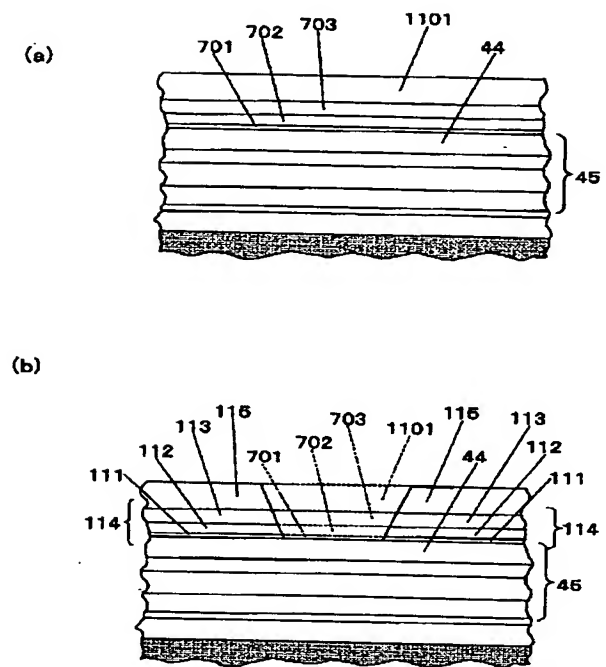




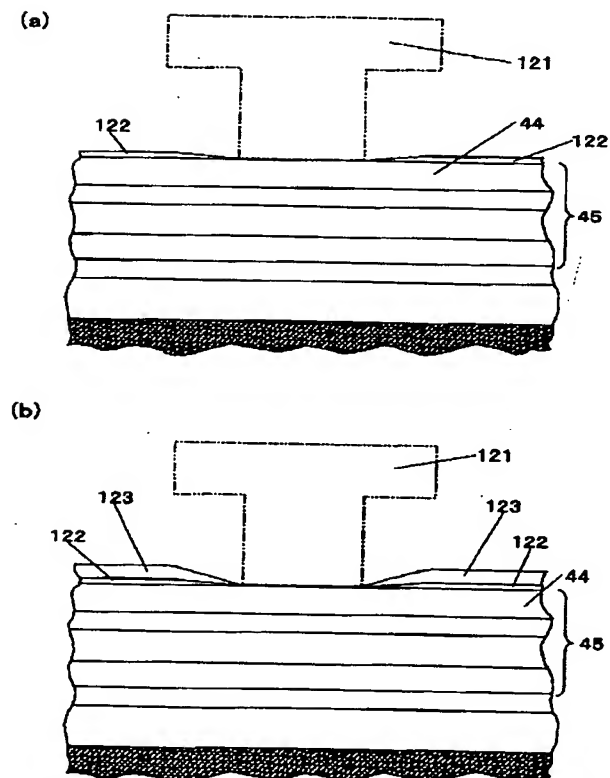
【図10】



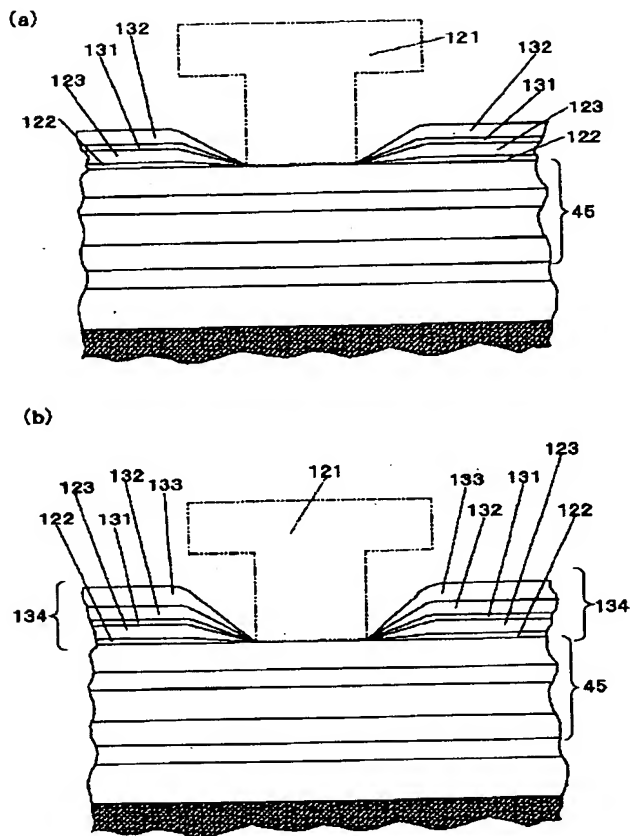
【図11】



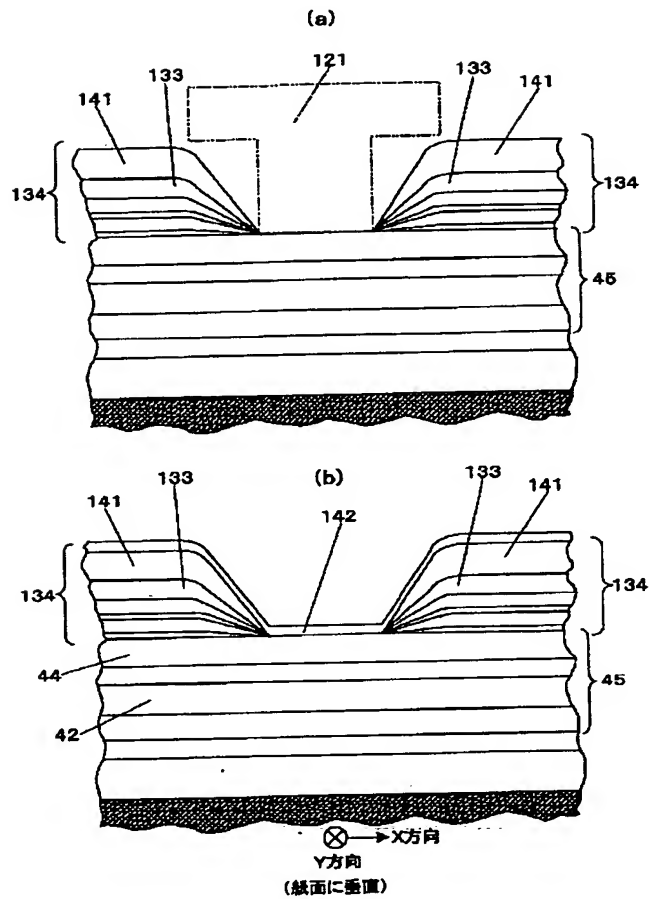
【図12】



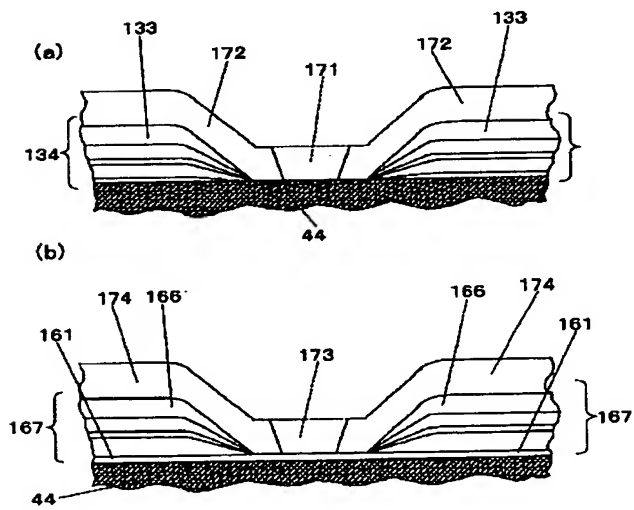
【図13】



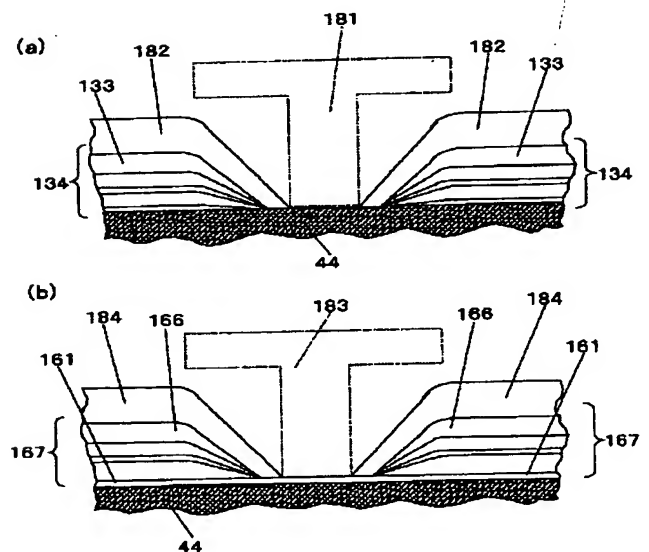
【図14】



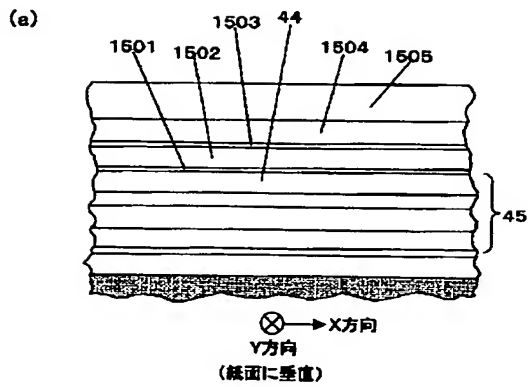
【図17】



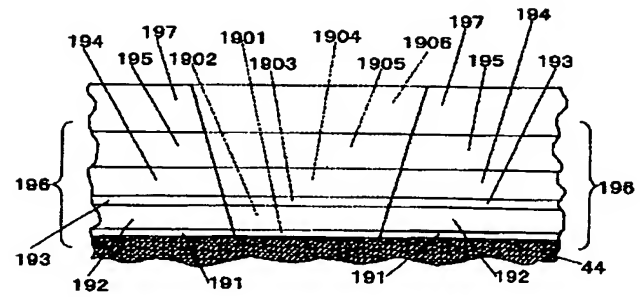
【図18】



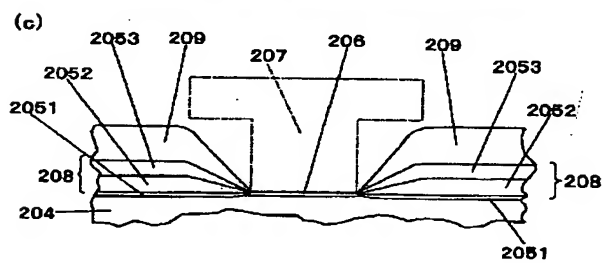
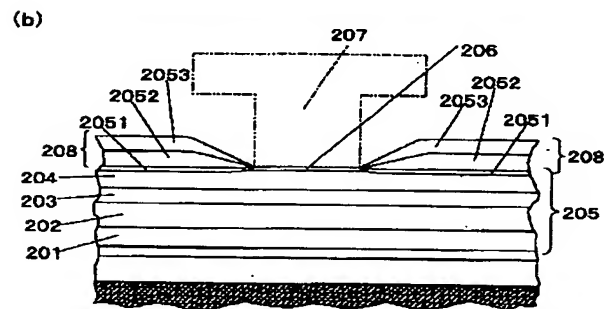
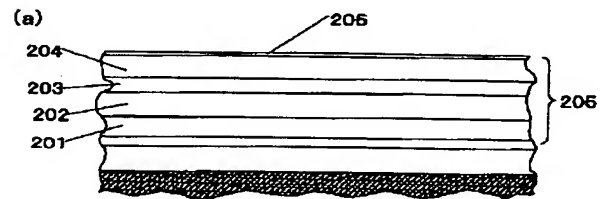
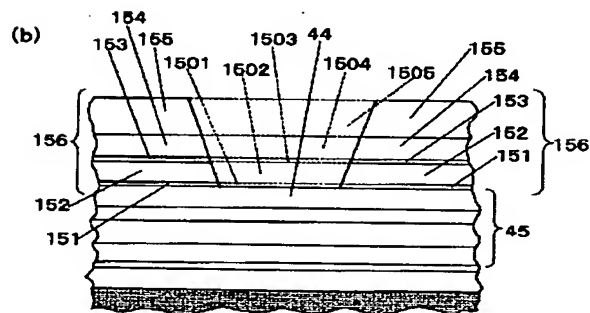
【図15】



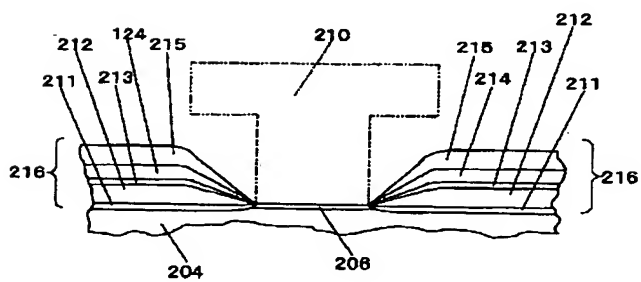
【図19】



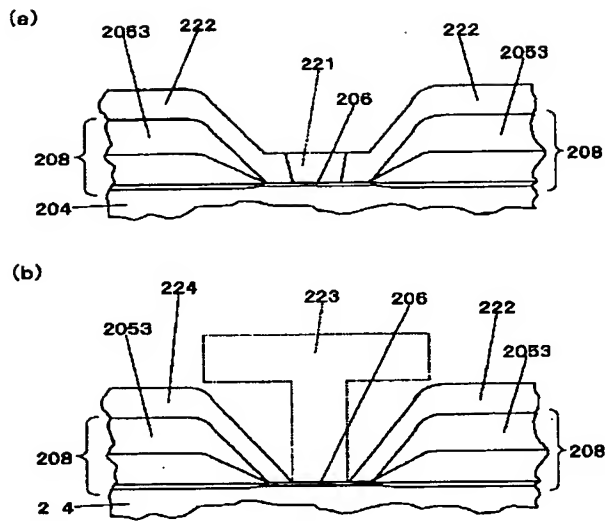
【図20】



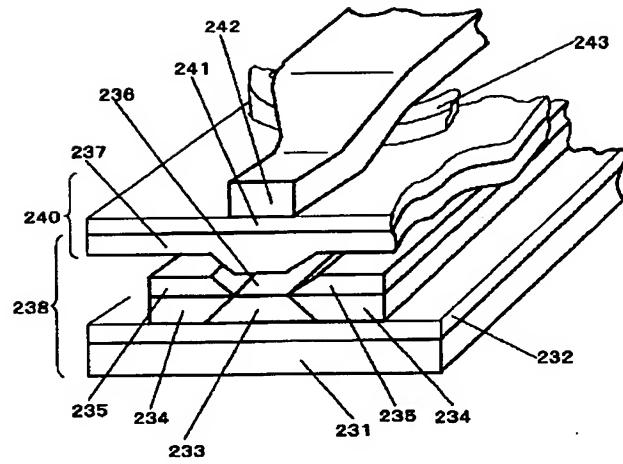
【図21】



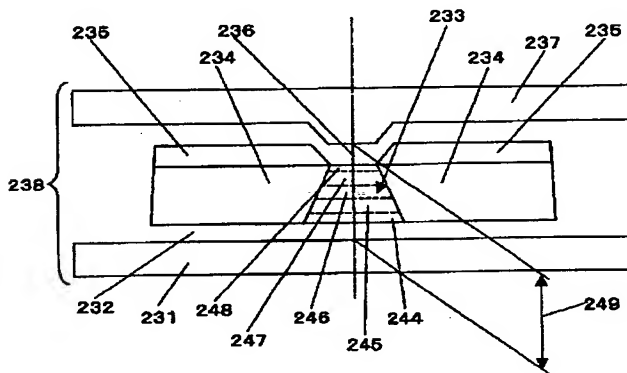
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D034 BA05 BA08 BA15 BB08 CA04  
DA07  
5E049 AA01 AA04 AC01 BA12 CB02  
DB02 DB12